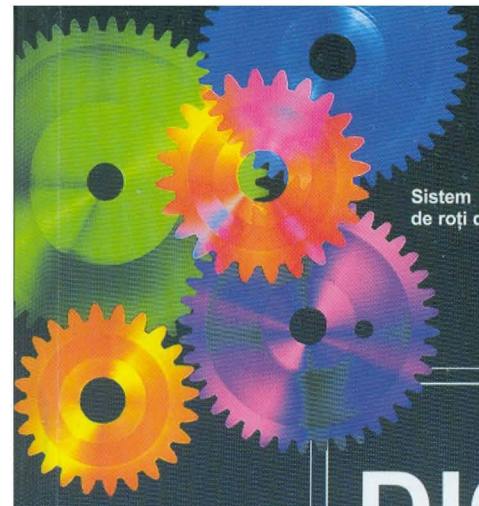
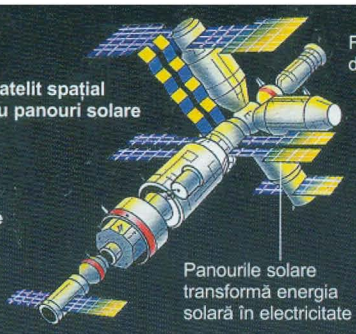
DICȚIONAR ILUSTRAT DE FIZICĂ

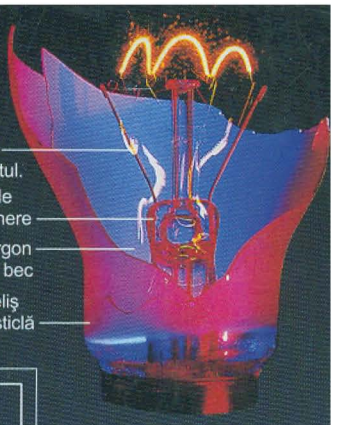


Sistem de roți dințate



Satelit spațial cu panouri solare

Panourile solare transformă energia solară în electricitate



Filament de wolfram

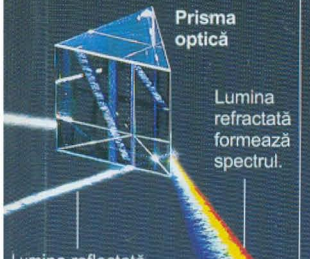
Firul susține filamentul.

Tijă de susținere

Argon în bec

Înveliș de sticlă

Secțiunea unui bec electric



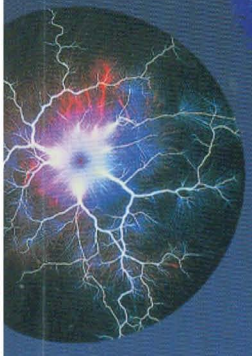
Prisma optică

Lumina refractată formează spectrul.

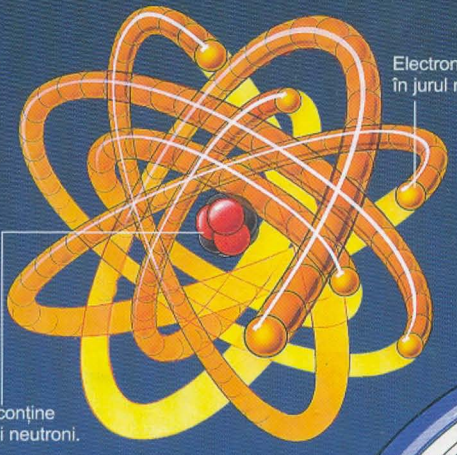
Lumina reflectată

Urmele particulelor subatomice

Descărcare electrică



Model atomic



Electronii se rotesc în jurul nucleului.

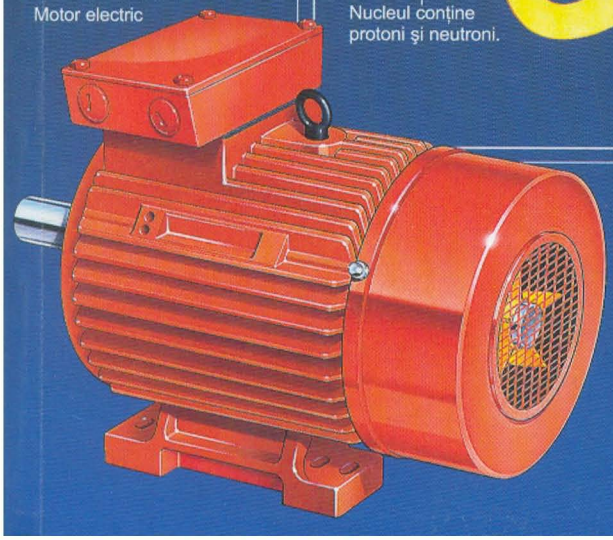
Nucleul conține protoni și neutroni.

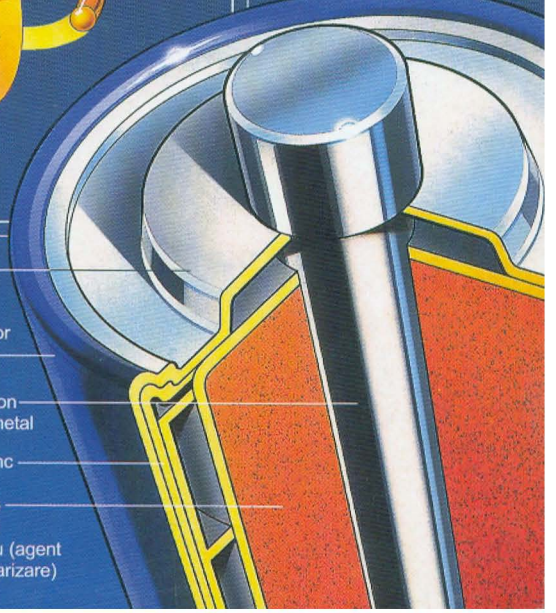
Magnet în potcoavă

Magnet rotund

Secțiunea unei baterii de zinc-carbon

Motor electric





Înveliș și vârf izolator

Înveliș izolator extern

Tijă de carbon învelită cu metal

Strat de zinc

Dioxid de carbon și magneziu (agent de depolarizare)

DICȚIONAR ILUSTRAT DE FIZICĂ

Corinne Stockley,
Chris Oxlade şi Jane Wertheim
Editor: Kirsteen Rogers
Grafică: Karen Tomlins şi Verinder Bhachu
Ilustrații: Fiona Johnson

Consultanți științifici:
Dr. Tom Petersen, John Hawkins şi Dr. John Durell

DESPRE FIZICĂ

Fizica se ocupă cu studiul proprietăților și naturii materiei, a diferitelor forme de energie și a metodelor prin care materia și energia interacționează în lumea care ne înconjoară. În această carte, fizica este împărțită în șase secțiuni marcate prin diferite culori. Domeniile acoperite de aceste secțiuni sunt explicate mai jos.

Mecanică și fizică generală

Acoperă conceptele principale ale fizicii, de exemplu forțele, energia și proprietățile materiei.

Electricitatea și magnetismul

Explică formele, întrebuințările și condițiile în care apar aceste două fenomene.

Căldura

Se ocupă cu studiul energiei calorice, cu măsurarea ei, precum și cu efectele transferului de căldură. Include legile gazelor.

Fizică atomică și nucleară

Studiază structura atomului și a nucleului, energia atomică, radioactivitatea, fisiunea și fuziunea.

Undele

Face referire la proprietățile și efectele undelor energetice și studiază în detaliu undele sonore, electromagnetice și luminoase.

Informații generale de fizică

Material general – grafice și tabele, precum și informații despre tratarea rezultatelor experimentale.

CUPRINS

Mecanică şi fizică generală

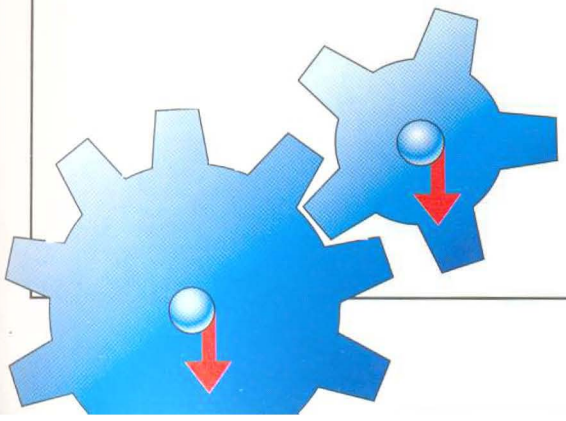
4 Atomii şi moleculele
6 Forţele
8 Energia
10 Mişcarea
12 Dinamica
14 Forţe de rotaţie
16 Mişcarea periodică
18 Gravitaţia
20 Maşini simple
22 Molecule (Proprietăţi)
24 Densitatea şi presiunea

Căldura

26 Temperatura
28 Transferul de căldură
30 Efectele transferului de căldură
32 Dilatarea la căldură
33 Studiul gazelor

Undele

34 Undele
36 Reflexia, refracţia şi difracţia
38 Interferenţa undelor
40 Undele sonore
42 Perceperea sunetului
44 Undele electromagnetice
46 Lumina
47 Reflexia luminii
50 Refracţia luminii
54 Instrumente optice



Electricitatea şi magnetismul

56 Electrostatica
58 Potenţialul electric
60 Curentul electric
62 Legile circuitului electric
65 Semiconductori
66 Electroliza
68 Elemente galvanice
70 Magneţii
72 Câmpuri magnetice
74 Electromagnetismul
77 Aparate electrice de măsurat
78 Inducţia electromagnetică
80 Radiaţiile catodice

Fizică atomică şi nucleară

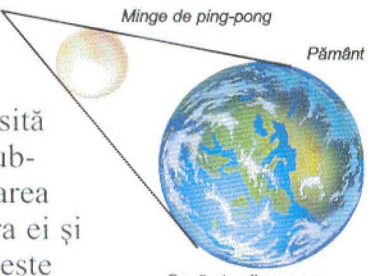
82 Structura atomului
84 Energia atomică şi nucleară
86 Radioactivitatea
88 Detectarea şi măsurarea radioactivităţii
91 Utilizările radioactivităţii
92 Fisiunea şi fuziunea nucleară
94 Energia dată de reacţiile nucleare

Informaţii generale de fizică

96 Mărimi şi unităţi
98 Ecuaţii, simboluri şi grafice
100 Măsurători
102 Precizie şi eroare
104 Câmpuri şi forţe
108 Vectori şi scalari
109 Cifrele
110 Simbolurile circuitelor electrice
111 Tranzistoare şi porţi (gates)
112 Proprietăţile substanţelor
113 Constante şi valori utile
114 Elemente chimice
115 Glosar
116 Index

ATOMII ŞI MOLECULELE

Grecii antici credeau că materia este alcătuită din particule mici, pe care le-au numit **atomi**. De atunci, această concepție a evoluat și s-au dezvoltat teorii, precum **teoria cinetică** a moleculelor, ce poate fi folosită la studiul detaliat al naturii fizice și al proprietăților substanțelor. Materia există în trei **stări fizice** diferite. Starea substanței depinde de natura substanței, de temperatura ei și de presiunea exercitată asupra ei. Schimbarea stărilor este cauzată de schimbările de presiune sau de temperatură (vezi **schimbarea stării**, pagina 30).



Dacă atomii ar avea mărimea unei mingi de ping-pong, la aceeași scară, mingile de tenis ar fi la fel de mari ca Pământul

Atomul

Cea mai mică particulă a unui element care păstrează proprietățile elementului respectiv. Structura atomului este explicată la paginile 82-83. Atomii sunt extrem de mici, având raza de circa 10^{-10} m și mase de aproximativ 10^{-25} kg. Prin pierdere sau acceptare de **electroni*** (vezi **ionizarea**, pagina 88), ei pot forma **ioni*** (particule încărcate electric).

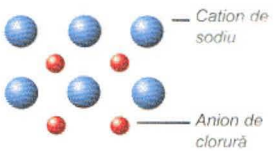
Diagramă prezentând mărimile relative ale unor atomi

Moleculele

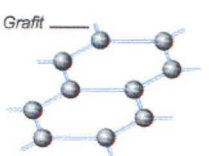
Cea mai mică particulă care mai păstrează proprietățile chimice ale substanței. Moleculele pot să conțină oricâți **atomi**, de la unu (de exemplu neon) la mai multe mii (de exemplu proteinele), fiind legați între ei prin **forțele electromagnetice***. Toate moleculele unei mostre pure de substanță conțin aceiași atomi în același aranjament.

Rețineți că există substanțe care nu au **molecule**, de pildă:

***Compușii anionici** și **cationici** (compuși ionici)*



***Structura atomică** a atomilor legați*

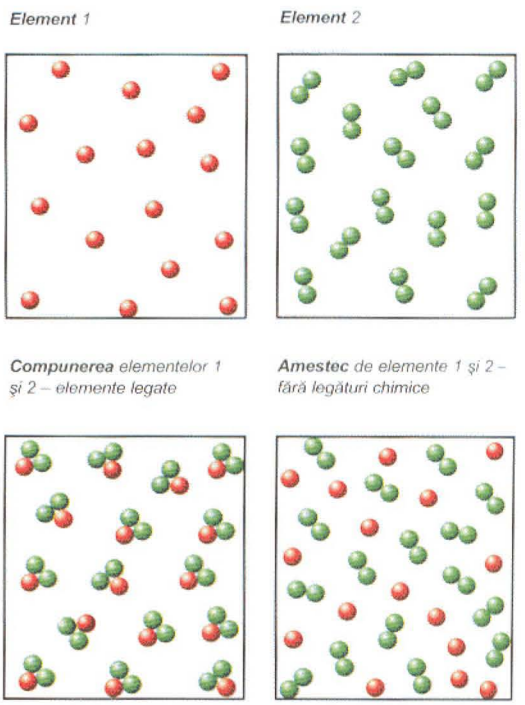


Elementul

O substanță care, printr-o reacție chimică, nu se poate descompune în substanțe mai simple. Toți **atomii** aceluiași element au în **nucleele*** lor același număr de **protoni*** (vezi **numărul atomic**, pagina 82).

Compusul

O substanță ale cărei molecule conțin atomi (sau **ionii***) a două sau mai multe elemente, unite prin legături chimice care se pot descompune în substanțe mai simple. **Amestecul** nu prezintă legături chimice și de aceea nu este un compus.



***Compunerea** elementelor 1 și 2 – elemente legate*

***Amestec** de elemente 1 și 2 – fără legături chimice*

*Anioni, Cationi, 88 (Ionizarea); Forță electromagnetică, 6; Electroni, 83; Ioni, 88 (Ionizarea); Nucleu, Protoni, 82.

Stările de agregare

Starea solidă

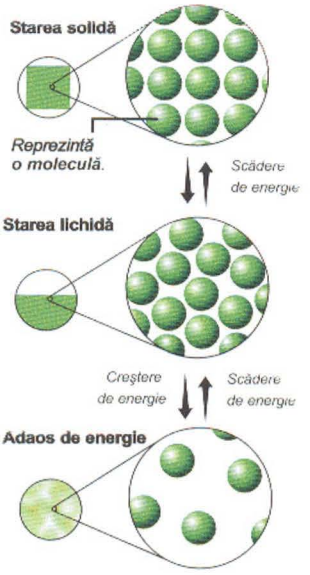
Starea în care o substanţă are o formă şi un volum definit şi care rezistă la acţiunea forţelor care încearcă să le modifice.

Starea lichidă

Starea în care substanţa curge şi ia forma vasului care o conţine. Este etapa dintre starea **solidă** şi cea **gazoasă**.

Starea gazoasă

Starea în care substanţa se dilată ca să ocupe volumul vasului în care se află. În această stare substanţele au o densitate relativ mică.



Moleculele** vibrează în jurul punctelor lor centrale, prezentând **energie potenţială moleculară şi **energie cinetică de vibraţie***.

Media energiei moleculare este mult mai mică decât cea necesară pentru ruperea de celelalte molecule.

*Creşterea energiei contribuie la ruperea legăturii – moleculele se pot mişca şi astfel vor prezenta atât **energie cinetică de translaţie***, cât şi **de rotaţie***.

Energia moleculară medie este tocmai suficientă pentru ca moleculele învecinate să se rupă, ca apoi să se prindă de următoarele.

*Moleculele se despart foarte mult – ele se mişcă virtual independente unele faţă de altele – **forţele intermoleculare*** se pot ignora.

Energia moleculară medie e mult mai mare decât cea necesară ruperii legăturii intermoleculare.

Gazul

Substanţa în **stare gazoasă** care se află la o temperatură mai mare decât **temperatura sa critică** şi astfel, nu se poate transforma în lichid doar prin creşterea presiunii – prima dată se scade temperatura, pentru obţinerea **vaporilor**.

Vaporul

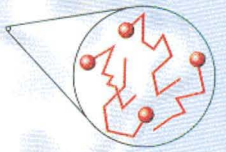
Substanţa în **stare gazoasă** la temperatură mai joasă decât **temperatura sa critică** (vezi **gazele**), care se poate transforma în lichid doar prin creşterea presiunii – nu este necesară scăderea temperaturii.

Teoria cinetică

Teoria cinetică explică existenţa diferitelor stări de agregare legate de mişcarea **moleculelor**. Pe scurt, ea susţine că moleculele substanţelor **solide** sunt mai apropiate, au energie minimă şi deci se mişcă mai puţin, cele ale substanţelor **lichide** sunt mai îndepărtate, cu energie mai mare, iar cele ale substanţelor **gazoase** sunt cele mai îndepărtate şi au cea mai mare energie (vezi sus, dreapta).

Mişcarea browniană

Mişcarea haotică, dezordonantă a particulelor mici din apă sau aer. Ea susţine teoria cinetică, deoarece putem spune că se datorează ciocnirii cu **moleculele** de apă sau aer.

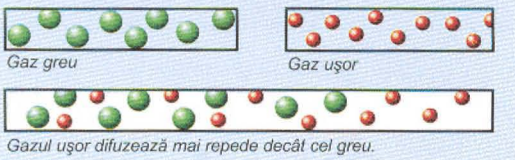


***Mişcarea browniană** a particulelor de fum lovite de **moleculele** din aer.*

Difuziunea

Amestecul a două **gaze**, **vapori** sau **lichide** într-o perioadă de timp. Dovedeşte teoria cinetică, deoarece particulele trebuie să se mişte pentru ca să se amestece, iar gazele difuzează mai repede decât lichidele.

*În timp, **moleculele** a două **gaze** difuzează.*



Gazul uşor difuzează mai repede decât cel greu.

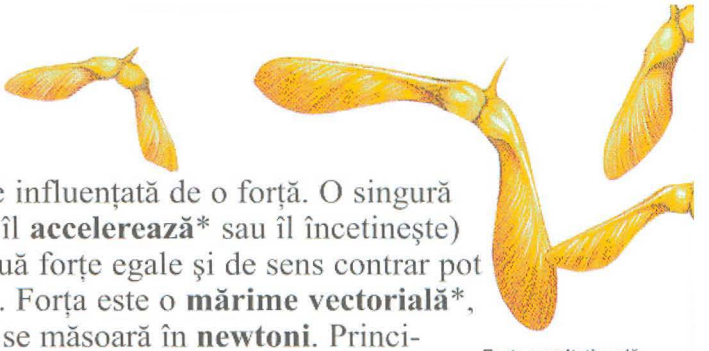
Legea difuziunii a lui Graham

Susţine că la temperatură şi presiune constantă, rata **difuziunii** unui **gaz** este invers proporţională cu rădăcina pătrată a densităţii sale.

$$\text{Rata de difuziune} \propto \frac{1}{\sqrt{\text{densitatea gazului}}}$$

***Forţe intermoleculare**, 7; **Energie potenţială moleculară**, 8; **Energie cinetică de rotaţie, de translaţie şi de vibraţie**, 9 **(Energia cinetică)**.

FORȚELE

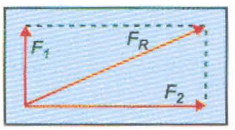


Forma și mișcarea unui corp este influențată de o forță. O singură forță îi va schimba viteza (adică îl **accelerează*** sau îl încetinește) și poate să-i modifice forma. Două forțe egale și de sens contrar pot să-i schimbe forma sau mărimea. Forța este o **mărime vectorială***, având mărime, direcție și sens și se măsoară în **newtoni**. Principalele tipuri de forțe sunt: **gravitațională**, **magnetică**, **electrică** și **nucleară**. Pentru compararea primelor trei, vezi paginile 104-107.

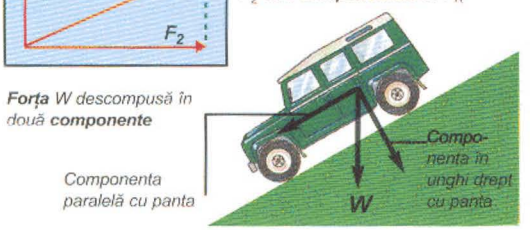
Forța gravitațională a Pământului face ca semințele să cadă pe jos.

Prezentarea forțelor în diagrame

***Forțele** sunt prezentate prin liniile orientate (lungimea reprezintă mărimea, iar săgeata, sensul).*



*Efectul forțelor F_1 și F_2 este identic cu cel al forței F_R (**forța rezultantă**). F_1 și F_2 sunt **componentele** lui F_R.*

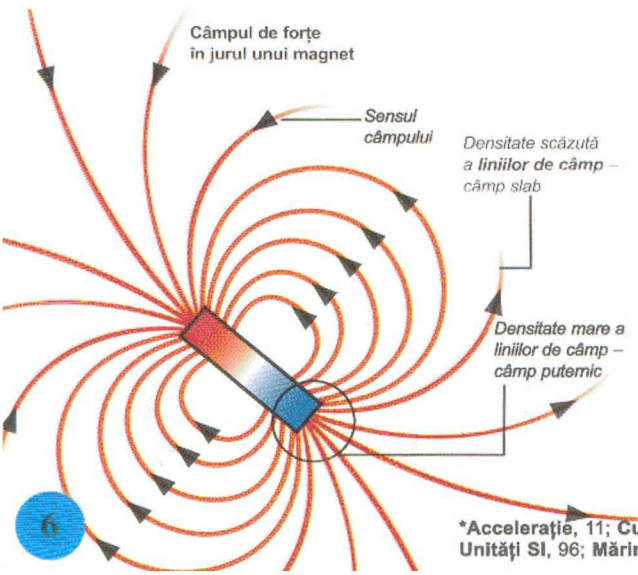


Newtonul (N)

Unitatea de măsură a forței în SI. Un newton este egal cu mărimea forței necesare accelerării unui corp cu masa de 1kg, cu 1m s^{-2}.

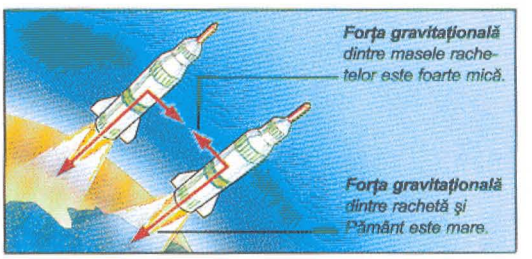
Câmpul de forță

Zona în care acționează o forță. Distanța maximă la care acționează o forță este **raza de acțiune** a forței. Câmpurile de forță sunt reprezentate prin linii orientate, numite **linii de câmp**, și arată intensitatea și direcția acțiunii (vezi și paginile 58 și 72).


Câmpul de forțe în jurul unui magnet
Sensul câmpului
Densitate scăzută a liniilor de câmp – câmp slab
Densitate mare a liniilor de câmp – câmp puternic

Forța gravitațională sau gravitația

Forța de atracție dintre două corpuri care au masă (vezi și paginile 18-19). Este foarte mică, în afară de cazul în care unul dintre corpuri este foarte masiv.

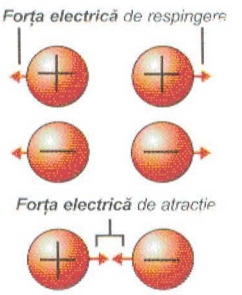

Forța gravitațională dintre masele rachetelor este foarte mică.
Forța gravitațională dintre rachetă și Pământ este mare.

Forța electromagnetică

Combinarea forțelor **electrice** și **magnetice**, care se află în strânsă legătură și sunt greu de separat.

Forța electrică sau electrostatică

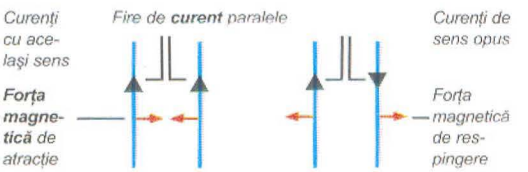
Forța dintre două particule încărcate electric (vezi și pagina 56). Este de respingere dacă au aceeași sarcină electrică și este de atracție dacă au sarcini electrice diferite.



Forța magnetică

Forța dintre două sarcini electrice în mișcare. Aceste sarcini în mișcare pot fi **curenți** electrici (vezi și pagina 60) sau **electroni** care se mișcă în **propriul înveliș**.

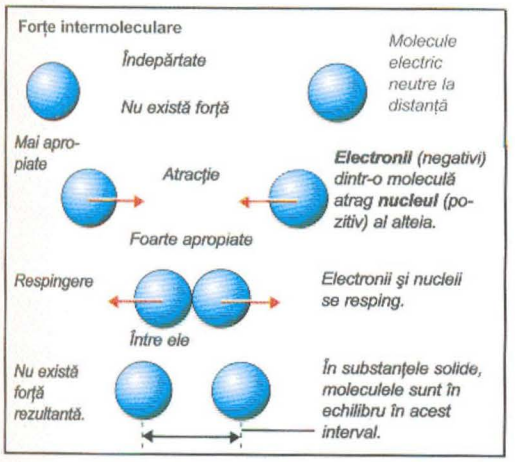
Forțele magnetice din firele electrice


Curenți cu același sens
Fire de curent paralele
Curenți de sens opus
Forța magnetică de atracție
Forța magnetică de respingere

*Accelerație, 11; **Curent**, 60; **Electroni, Învelișuri electronice**, 83; **Unități SI**, 96; **Mărime vectorială**, 108.

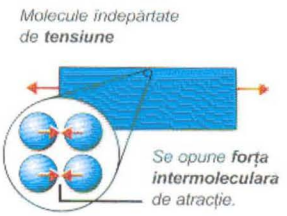
Forțele intermoleculare

Forțele electromagnetice dintre două molecule. Intensitatea și sensul forțelor variază în funcție de distanța dintre molecule (vezi diagrama de mai jos).



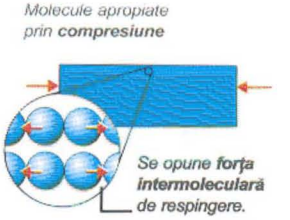
Tensiunea

Forțe egale și opuse care, când sunt aplicate la capetele unui corp, îi măresc lungimea. Ele se opun întinderii prin **forța intermoleculară** de atracție.



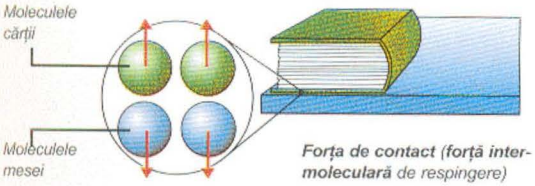
Compresiunea

Forțe egale și opuse, care scad lungimea unui corp. Ele se opun prin **forța intermoleculară** de respingere.



Forța de contact

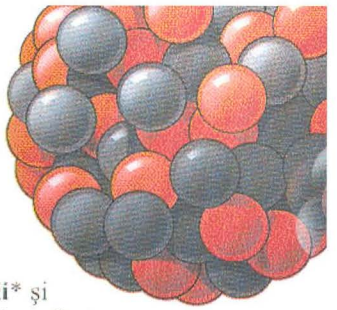
Forța intermoleculară de respingere dintre moleculele a două corpuri în momentul atingerii lor.



*Electroni, 83; Neutroni, Nucleu, Protoni, 82.

Forța nucleară

Forța de atracție dintre toate particulele unui **nucleu*** atomic (**protonii*** și **neutronii***). Aceasta învinge **forța electrică** de respingere dintre protoni, menținând stabilitatea nucleului (vezi și pagina 84).



*Particulele dintr-un nucleu atomic sub acțiunea **forței nucleare***

Forța de frecare

Forța care se opune deplasării a două suprafețe care se ating, fiind cauzată de **forța intermoleculară** de atracție dintre moleculele suprafețelor. Există două tipuri: **forța de frecare statică** și **dinamică**.

Forța de frecare statică

Forța aplicată pe una din două suprafețe care se ating, dar care sunt în repaus. Valoarea maximă a forței de frecare statice este atinsă atunci când ele sunt pe punctul de a aluneca una peste cealaltă. Aceasta se numește **forță limită.**

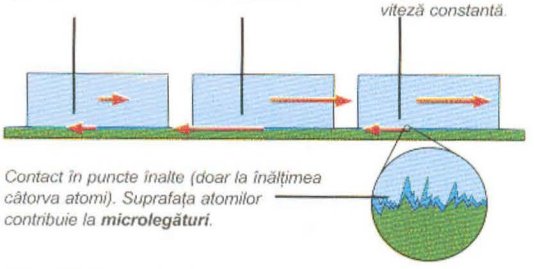
Forța de frecare dinamică sau forța de frecare la alunecare

Valoarea forței de frecare când una dintre suprafețe alunecă peste cealaltă, cu o viteză constantă. Aceasta este puțin mai mică decât **forța limită (forța de frecare statică** maximă).

***Forța de frecare** statică a unui bloc echilibrează forța aplicată.*

***Forța limită** se opune când blocul este pe punctul de a se deplasa.*

***Forța de frecare dinamică** se opune când blocul se deplasează cu o viteză constantă.*



*Contact în puncte înalte (doar la înălțimea câtorva atomi). Suprafața atomilor contribuie la **microlegături**.*

Coeficientul de frecare (μ)

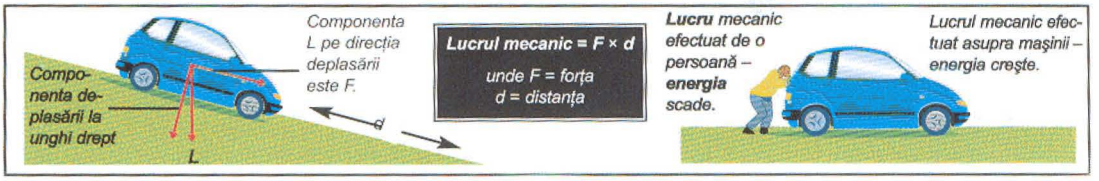
Raportul dintre **forța de frecare** dintre două suprafețe și **forța de apăsare normală**. Există două valori, **coeficientul frecării statice** și **coeficientul frecării dinamice**.

Coeficientul de frecare	$\mu = \frac{\text{forța de frecare } (F)}{\text{forța de apăsare normală } (R)}$

ENERGIA

Când o forță deplasează un corp, se efectuează lucru mecanic. **Energia** reprezintă capacitatea de a efectua lucru mecanic. Când se efectuează lucru mecanic asupra unui corp sau de către un corp, acesta primește și cedează energie. Energia are diferite forme care se pot schimba între ele (energia **de conversie** sau **de transformare**), dar nu poate fi creată sau distrusă (**legea conservării energiei**). **Unitatea*** de măsură a energiei în **SI** este joule (**J**).

Energia solară este echivalentă cu energia furnizată de doar una din milioanele de centrale electrice.

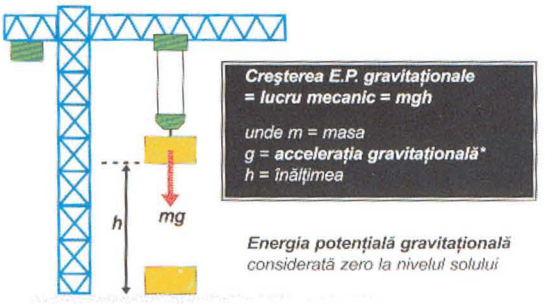

Componenta deplasării la unghi drept
Componenta L pe direcția deplasării este F.
L
d
Lucrul mecanic = F × d
unde F = forța
d = distanța
Lucru mecanic efectuat de o persoană – energia scade.
Lucrul mecanic efectuat asupra mașinii – energia crește.

Energia potențială (E.P.)

Energia unui corp ce se datorează poziției sale într-un **câmp de forță***, energie pe care acesta o are deoarece, pentru aducerea lui în această poziție, s-a efectuat lucru mecanic. Energia a fost „acumulată". Cele trei forme de energie potențială sunt: **energia potențială gravitațională**, **energia potențială electromagnetică** și **energia potențială nucleară** (în funcție de forța implicată).

Energia potențială gravitațională

Energia potențială datorită poziției unui corp în raport cu o masă care exercită asupra acestuia o **forță gravitațională***. Dacă corpul este îndepărtat de masă (de exemplu, un corp ridicat pe Pământ), lucrul mecanic se efectuează asupra corpului și energia potențială gravitațională crește.


Creșterea E.P. gravitaționale = lucrul mecanic = mgh
unde m = masa
g = accelerația gravitațională*
h = înălțimea
h
mg
Energia potențială gravitațională considerată zero la nivelul solului

Energia potențială nucleară

Energia potențială acumulată într-un **nucleu*** atomic. În timpul **dezintegrării radioactive*** se eliberează energie potențială nucleară.

Energia potențială electromagnetică

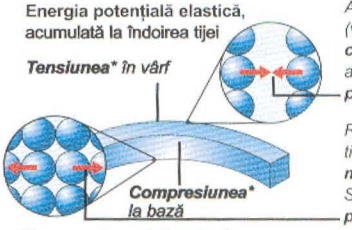
Energia potențială datorită poziției unui corp aflat într-un **câmp de forță***, creat de o **forță electromagnetică***.

Energia potențială moleculară

Energia potențială electromagnetică se datorează poziției moleculelor între ele. Ea crește când se efectuează lucru mecanic împotriva **forței intermoleculare***.

Energia potențială elastică sau energia de deformare

Un exemplu de **energie potențială moleculară**, acumulată ca urmare a întinderii sau compresiunii unui corp. Acesta este lucrul mecanic efectuat împotriva **forței intermoleculare***.



*Atracția dintre particule (vezi **forțele intermoleculare**, pagina 7). Se acumulează **energie potențială moleculară**.*

*Respingerea dintre particule (vezi **forțele intermoleculare**, pagina 7). Se acumulează **energie potențială moleculară**.*

Energia chimică

Energia acumulată în substanțele din combustibili, hrană și baterii. Este eliberată în timpul reacțiilor chimice, de ex. căldura la arderea combustibilului, când **energia potențială electromagnetică** a atomilor și a moleculelor se modifică.

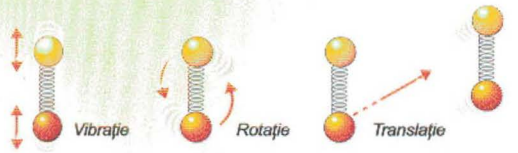
*Plantele transformă energia din lumina solară în hrană – acumulare de **energie chimică**.*

*Accelerație dată de gravitație, 18; Compresiune, 7; Forță electromagnetică, Câmp de forță; Forță gravitațională, 6; Forțe intermoleculare, 7; Nucleu, 82; Dezintegrare radioactivă, 87.

Energia cinetică (E.C.)

Energia asociată cu deplasarea corpului. Poate fi energie de **translaţie**, de **rotaţie** şi de **vibraţie**.

Energia cinetică a două corpuri legate printr-un arc

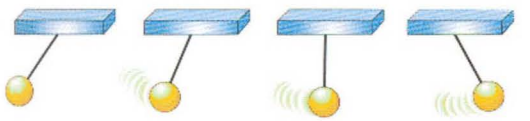


$E.C. = \frac{1}{2} mv^2$ unde m = masa; v = viteza

Energia mecanică

Suma dintre **energia cinetică** şi **energia potenţială gravitaţională** a unui corp.

***Energia mecanică** a unui pendul este constantă (dacă se neglijează forţele de rezistenţă).*



*Toată **energia potenţială gravitaţională** transformată în **energie cinetică***

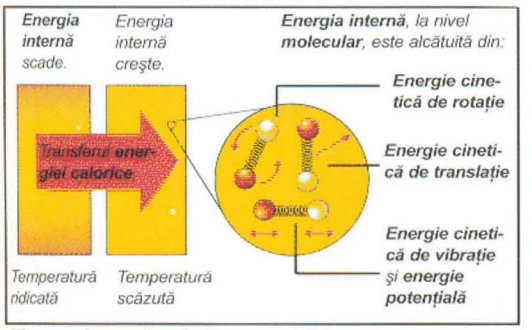
*Energia potenţială gravitaţională transformată în **energie cinetică***

Toată energia cinetică (aici, energia potenţială gravitaţională considerată zero)

Energia cinetică transformată în energie potenţială gravitaţională

Energia internă sau termică

Suma dintre **energia cinetică** şi **energia potenţială moleculară** a unui corp. Dacă temperatura unui corp creşte, la fel şi energia lui internă.


Energia internă scade.
Energia internă creşte.
Energia internă, la nivel molecular, este alcătuită din:
Transferul energiei calorice
Energie cinetică de rotaţie
Energie cinetică de translaţie
Energie cinetică de vibraţie şi energie potenţială
Temperatură ridicată
Temperatură scăzută

Energia calorică sau căldura

Energia care se propagă dintr-un loc în altul, datorită diferenţei de temperatură (vezi paginile 28-33). Când un corp absoarbe **energie calorică**, **energia internă** a acestuia creşte (vezi diagrama de mai sus).

Energia de undă

Energia asociată cu acţiunea undei. De exemplu, energia unei unde de apă este compusă din **energia potenţială gravitaţională** şi **energia cinetică** a moleculelor de apă.

Energia electrică şi magnetică

Tipurile de energie asociate cu încărcarea electrică şi mişcarea continuă a sarcinilor electrice (curentul). Împreună, ele formează energia **electromagnetică**.

Radiaţia

Orice energie sub formă de unde **electromagnetice*** sau scurgere de particule (vezi şi paginile 29 şi 86-87).

Puterea

Rata lucrului mecanic sau rata schimbului de energie. **Unitatea SI*** pentru putere este **wattul (W)**, care este egal cu 1 joule pe secundă.

Transformarea energiei într-o centrală electrică

*Cărbunele este un tip de combustibil numit **combustibil fosilizat**, alcătuit din resturi fosilizate de plante care au existat de foarte multă vreme. Reprezintă un depozit de **energie chimică**, provenită de la Soare.*

*Cuptorul din centrala electrică arde combustibil şi fierbe apă. Aici, **energia chimică** este transformată în **energia internă** a aburului.*

*Aburul învârte **turbinele***. *Energia internă a aburului este transformată în **energia cinetică de rotaţie** a turbinei.*

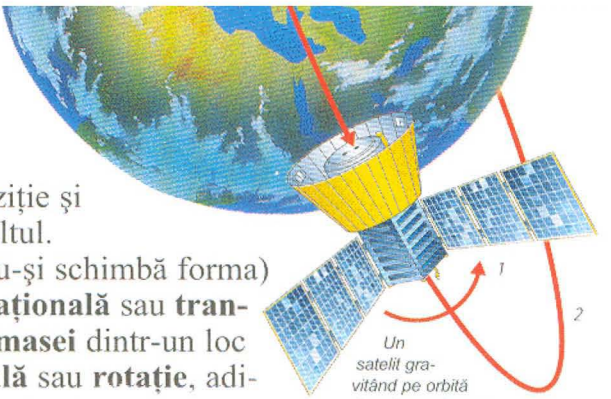
Generatorul *transformă **energia cinetică în energie electrică**.*

*Aparatele de încălzire, becurile şi echipamentele audio transformă energia electrică în **energie calorică**, lumină (**energie de undă**) şi sunet (energie de undă).*

*Unde electromagnetice, 44; Generator, 78; Unităţi SI, 96; Turbină, 115.

MIŞCAREA

Mişcarea este schimbarea de poziţie şi de orientare a unui corp faţă de altul. Mişcarea unui corp **rigid** (care nu-şi schimbă forma) este alcătuită din **mişcare translaţională** sau **translaţie**, adică mişcarea **centrului masei** dintr-un loc în altul, şi din **mişcare rotaţională** sau **rotaţie**, adică mişcarea în jurul centrului masei sale.



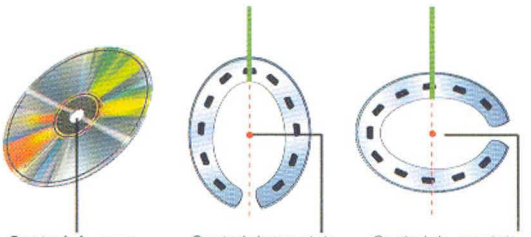
*Un satelit gravitând pe orbită descrie o **mişcare de rotaţie** (1) şi o **mişcare de translaţie** (2).*

Mişcarea liniară

Mişcarea liniară sau **rectilinie** este mişcarea în linie dreaptă şi este cea mai simplă formă de **mişcare de translaţie** (vezi introducerea). Mişcarea liniară a oricărui corp rigid este descrisă ca mişcarea **centrului său de greutate**.

Centrul de greutate

Punctul care se comportă ca şi când întreaga masă a corpului s-ar concentra în acel punct. Centrul de greutate al unui corp rigid (vezi introducerea) coincide cu poziţia **centrului de gravitaţie** (punctul prin care acţionează forţa gravitaţională a Pământului asupra corpului).



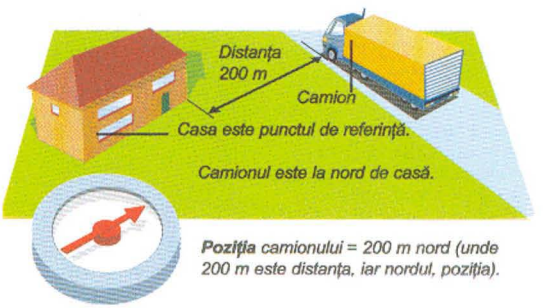
***Centrul de greutate** al unui disc uniform se află în centrul acestuia.*

Centrul de greutate se află întotdeauna sub punctul de suspendare.

Centrul de greutate nu se află întotdeauna în corp.

Deplasarea

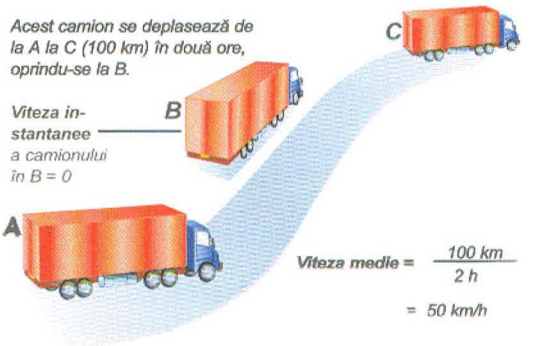
Distanţa şi poziţia unui corp faţă de un punct de referinţă dat. Este o **mărime vectorială***. Poziţia unui corp se poate exprima prin deplasarea lui dintr-un punct specificat.



***Poziţia** camionului = 200 m nord (unde 200 m este distanţa, iar nordul, poziţia).*

Viteza

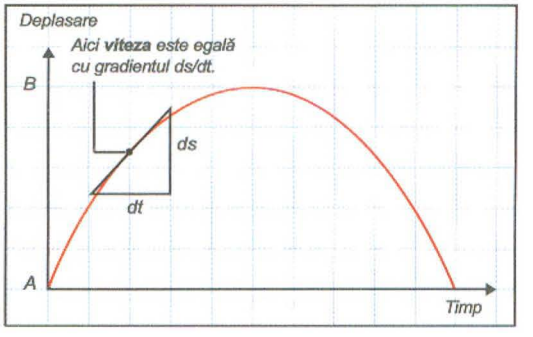
Distanţa parcursă de un corp pe o perioada de timp dată. Dacă viteza unui corp este constantă, acesta se deplasează cu o **viteză uniformă**. **Viteza medie** a unui corp pe un interval de timp este distanţa parcursă de corp, împărţită la intervalul de timp. **Viteza instantanee** este viteza în orice moment dat.


Acest camion se deplasează de la A la C (100 km) în două ore, oprindu-se la B.
Viteza instantanee a camionului în B = 0
A
B
C
Viteza medie = 100 km / 2 h
= 50 km/h

Vectorul (viteză)

Viteza şi poziţia unui corp faţă de un alt corp (adică **deplasarea** lui în perioada de timp dată). Este o **mărime vectorială***. **Viteza uniformă**, **viteza medie** şi **viteza instantanee** sunt definite ca şi **viteza uniformă.**

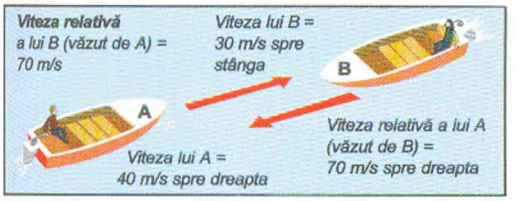
Grafic deplasare-timp al unui corp care se deplasează în linie dreaptă de la A la B şi înapoi la A (şi calcularea vitezei)



*Mărime vectorială, 108.

Viteza relativă

Viteza pe care o are un corp faţă de un observator în mişcare. Aceasta este cunoscută ca viteza corpului în raport cu observatorul.

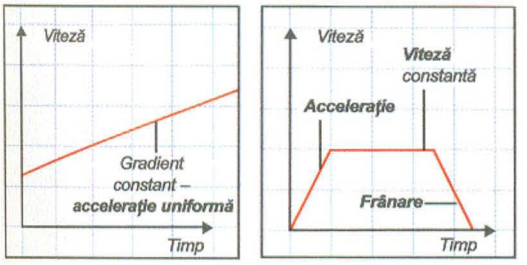

Viteza relativă a lui B (văzut de A) = 70 m/s
Viteza lui B = 30 m/s spre stânga
B
A
Viteza relativă a lui A (văzut de B) = 70 m/s spre dreapta
Viteza lui A = 40 m/s spre dreapta

Acceleraţia

Variaţia de **viteză** a unui corp pe o perioadă de timp dată. Este o **mărime vectorială***. Un corp se accelerează dacă i se schimbă **viteza** (cazul obişnuit în **mişcarea liniară**) sau direcţia de deplasare (cazul obişnuit în **mişcarea circulară***).

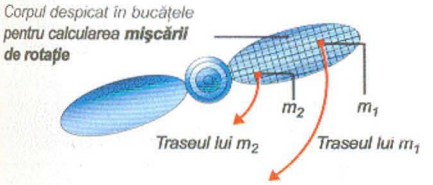
Frânarea într-o direcţie este accelerarea în direcţia opusă (**acceleraţie negativă**). Un corp a cărui viteză se schimbă în aceeaşi măsură pe o perioadă de timp egală se deplasează cu o **acceleraţie uniformă**.

Grafice viteză/timp prezentând acceleraţia



Mişcarea de rotaţie

Mişcarea unui corp în jurul **centrului său de masă**. În mişcarea de rotaţie, fiecare parte a corpului se mişcă de-a lungul unei alte traectorii, astfel încât, în calcul, corpul nu poate fi considerat ca un întreg. Trebuie considerat în părţi mici şi trebuie luată în considerare separat **mişcarea circulară*** a fiecărei părţi. Aşa se poate observa mişcarea globală a corpului.



*Mişcare circulară, 17; Mărime vectorială, 108.

Ecuaţiile mişcării de acceleraţie uniformă

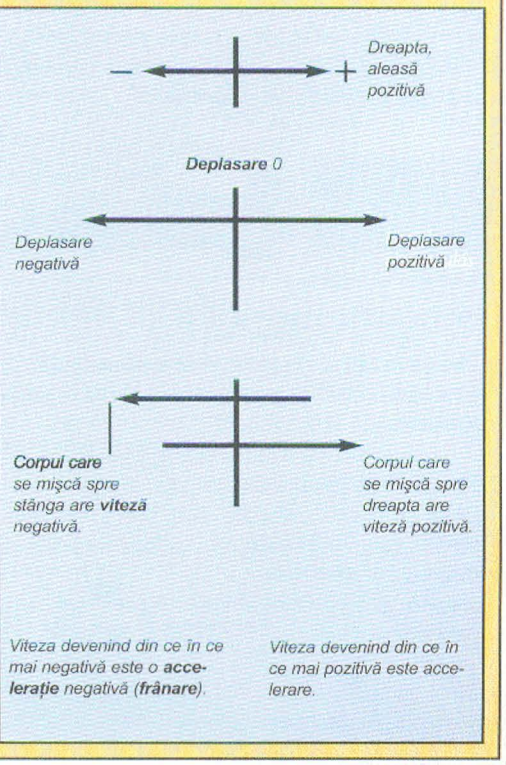
Ecuaţiile folosite în calculele care implică **mişcarea liniară** cu **accelerare uniformă**. Trebuie să se folosească un **semn convenţional** (vezi mai jos). Ecuaţiile folosesc **deplasarea** şi nu distanţa, deci trebuie luate în considerare schimbările de direcţie.

$v = u + at$	unde t = timp
$s = \frac{1}{2}(u + v)t$	u = **viteza** iniţială la timp = 0
$s = ut + \frac{1}{2}at^2$	v = **viteza** finală după t
$v^2 = u^2 + 2as$	s = **deplasarea** după t
	a = **acceleraţia** (constantă)

Semnul convenţional

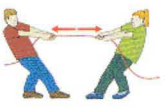
O metodă utilizată pentru a face diferenţa între mişcările în direcţii opuse. Se alege o direcţie pozitivă, iar cealaltă va fi negativă. Semnul convenţional trebuie folosit când se utilizează ecuaţiile de mişcare (vezi mai sus).

Semnul convenţional

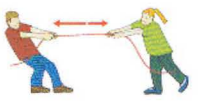

Dreapta, aleasă pozitivă
Deplasare 0
Deplasare negativă
Deplasare pozitivă
Corpul care se mişcă spre stânga are viteză negativă.
Corpul care se mişcă spre dreapta are viteză pozitivă.
Viteza devenind din ce în ce mai negativă este o acceleraţie negativă (frânare).
Viteza devenind din ce în ce mai pozitivă este accelerare.

DINAMICA

Dinamica studiază legătura dintre mişcarea unui corp şi forţele care acţionează asupra acestuia. O singură forţă care acţionează asupra unui corp produce schimbarea vitezei şi/sau direcţia (adică se mişcă **accelerat***). Dacă acţionează două sau mai multe forţe şi nu există forţă rezultantă, corpul poate să-şi schimbe forma.



Două forţe egale, dar opuse. Nu există forţă rezultantă – nu există acceleraţie, dar frânghia se întinde.



Forţele nu sunt egale. Frânghia tot este întinsă, dar există şi acceleraţie spre stânga datorită forţei rezultante

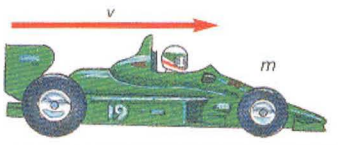
Masa

Măsura **inerţiei** unui corp. Forţa necesară accelerării unui corp depinde de masa acestuia – o masă mai mare necesită o forţă mai mare.

Impulsul mecanic

Masa unui corp înmulţită cu **viteza*** acestuia. Deoarece viteza este o **mărime vectorială***, la fel va fi şi impulsul. Vezi şi **legea conservării impulsului mecanic liniar**.

Impulsul* = *mv
unde m = masa
v = viteza



Inerţia

Tendinţa corpului de a opune rezistenţă schimbării de **viteză*** (adică opune o forţă). Este măsurată ca o **masă**.

*Un vapor are o **inerţie** (şi de aceea şi o **masă**) mult mai mare decât o barcă – este necesară o forţă mult mai mare pentru a-l **accelera**.*

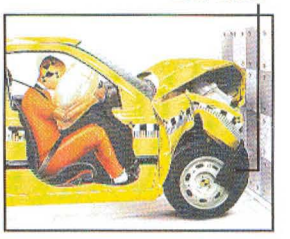
Impulsul

Forţa care acţionează asupra unui corp înmulţită cu durata de timp în care acţionează forţa. Din **principiul II al lui Newton**, variaţia impulsului are aceeaşi valoare cu **impulsul** forţei corpului. O variaţie egală a impulsului mecanic se poate obţine cu o forţă mică pe o perioadă lungă de timp sau cu o forţă mare pe o durată scurtă.

Impulsul* = *Ft
unde F = forţa
t = timpul

*„Zona îndoită" din faţa unei maşini măreşte durata **ciocnirii** – aceasta micşorează forţa.*

Zona îndoită



*Dacă forţa este măsura variaţiei **impulsului** (vezi **principiul II al lui Newton**), atunci:*

Variaţia impulsului* = *impulsul forţei

Principiile mecanicii lui Newton

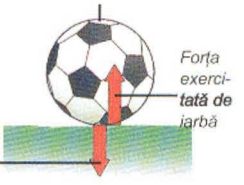
Trei principii formulate de Newton la sfârşitul anilor 1670, referitoare la forţă şi mişcare.

Primul principiu

Dacă un corp se află în repaus sau dacă viteza şi direcţia lui sunt constante, forţa rezultantă este zero.

Forţele aplicate pe corpul de mai jos sunt egale – nu există forţă rezultantă, deci nici acceleraţie.

Obiect în repaus



Principiul al doilea

Dacă **impulsul** mecanic al unui corp variază, adică dacă se mişcă **accelerat***, atunci asupra lui trebuie să acţioneze o forţă rezultantă. În mod obişnuit, **masa** unui corp este constantă, deci forţa este proporţională cu acceleraţia corpului. Direcţia şi sensul acceleraţiei sunt aceleaşi cu direcţia şi sensul forţei.

$$\text{Forţa} = \frac{\text{variaţia impulsului}}{\text{timp}}$$

*Dacă **masa** rămâne constantă, atunci:*

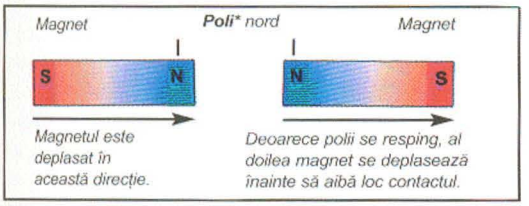
Forţa* = *masa* × *acceleraţia

*Acceleraţie, 11; **Mărime vectorială**, 108; **Viteză**, 10.

Ciocnirea

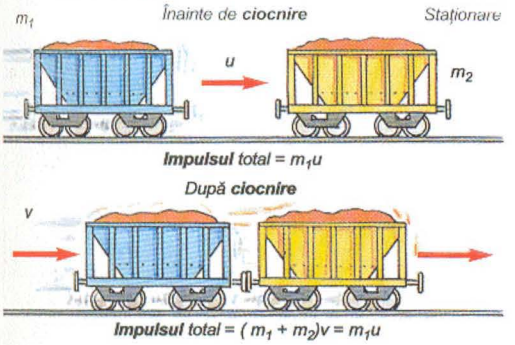
Un fenomen care se petrece între 2 sau mai multe corpuri, între care se exercită forţe relativ mari, pe o perioadă de timp relativ scurtă. Aceasta nu este o definiţie rigidă a ciocnirii, deoarece corpurile nu trebuie să fie în contact.

Exemplu de ciocnire fără contact



Legea conservării impulsului liniar

Când două sau mai multe corpuri exercită forţe unul asupra celuilalt (se ciocnesc), impulsul total rămâne constant, fără acţiunea forţelor externe. Dacă durata pentru ciocnire este foarte mică şi se ia în considerare sistemul înainte şi după ciocnire, forţele de frecare pot fi neglijate.

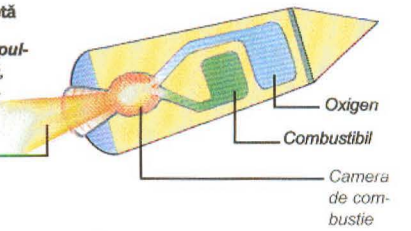


Masa creşte – **viteza*** scade, se conservă impulsul.

Motorul de rachetă

Un motor care produce prin orificiul de ieşire un jet de gaz de mare **viteză*** prin arderea combustibilului de la bord. **Masa** gazului este mică, dar viteza lui mare demonstrează că are un **impuls** crescut. Racheta primeşte un impuls egal în sens opus (vezi **legea conservării impulsului liniar**). Motoarele de rachetă sunt folosite în spaţiu, deoarece alte tipuri de motoare necesită aer.

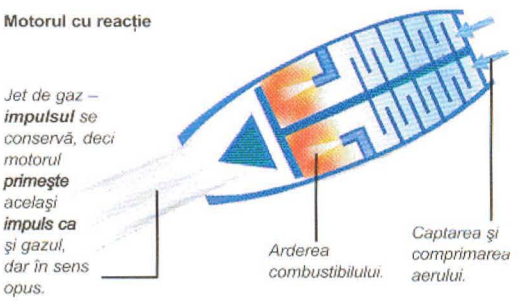
Motor de rachetă


*Jet de gaz – **impulsul** se conservă, deci motorul primeşte acelaşi* impuls ca şi gazul, dar în direcţie opusă.
Oxigen
Combustibil
Camera de combustie

Motorul cu reacţie

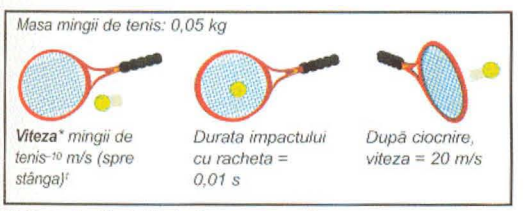
Un motor în care aerul este captat în faţă pentru arderea combustibilului, producând un jet de gaze de mare **viteză***. Principiul este acelaşi ca al motorului de rachetă, dar motorul nu poate fi folosit în spaţiu, necesitând aer.

Motorul cu reacţie


*Jet de gaz – **impulsul** se conservă, deci motorul **primeşte** acelaşi **impuls ca** şi gazul, dar în sens opus.*
Arderea combustibilului.
Captarea şi comprimarea aerului.

Exemplu pentru principiul al II-lea al lui Newton

*Mingea de tenis lovită de rachetă suferă o variaţie a **impulsului**.*


Masa mingii de tenis: 0,05 kg
Viteza* mingii de tenis^{-10} m/s (spre stânga)†
Durata impactului cu racheta = 0,01 s
După ciocnire, viteza = 20 m/s

Forţa rezultantă găsită după cum urmează:

$$\text{Forţa în momentul ciocnirii} = \frac{\text{variaţia impulsului}}{\text{timp}} = \frac{(0.05\times20) - (0,05\times-10)}{0,01} = 150N$$

Sau:

$$\text{Forţa} = \text{masa} \times \text{acceleraţia} = \frac{\text{masa} \times \text{variaţia de viteză}}{\text{timp}}$$

$$= \frac{0,05\times30}{0,01} = 150N$$

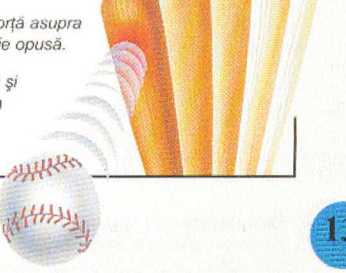
Principiul al treilea

Forţele acţionează întotdeauna în perechi egale şi opuse, numite forţe de **acţiune** şi de **reacţie**. De aceea, dacă corpul A exercită o forţă asupra corpului B, corpul B exercită o forţă egală, dar opusă asupra corpului A. Aceste forţe nu se anulează reciproc când acţionează pe corpuri diferite.

Exemplu pentru principiul al III-lea al lui Newton

Bâta de baseball exercită o forţă asupra mingii, accelerând-o în direcţie opusă.

Mingea exercită o forţă egală şi opusă asupra bâtei (simţită la încetinirea bâtei).

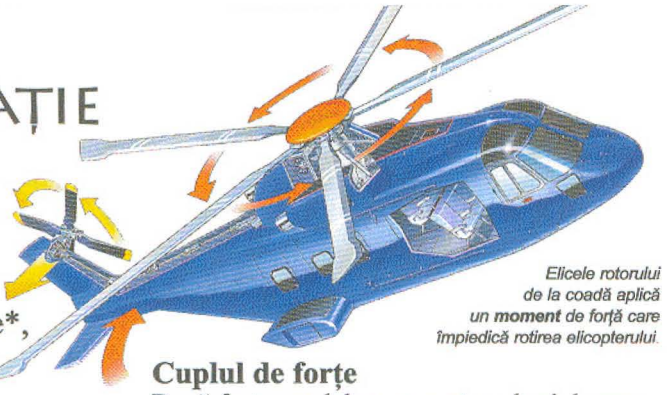


*Pol, 70; **Viteză**, 10.

† Mişcarea spre dreapta considerată pozitivă (vezi **semne convenţionale**, pagina 11).

FORȚE DE ROTAȚIE

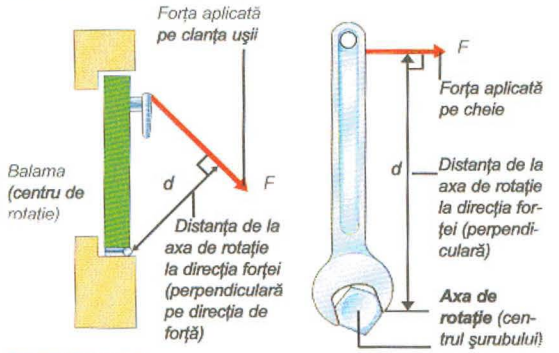
O singură forță produce o **accelerație*** (vezi **dinamica**, pagina 12). Într-o **mișcare liniară***, aceasta este o **accelerație liniară**. În **mișcarea de rotație***, **accelerația unghiulară*** (rotirea mai rapidă sau mai încetă) este dată de o forță de rotație sau **momentul** forței care acționează în jurul axei de rotație (axa de **rotație**).



*Elicele rotorului de la coadă aplică un **moment** de forță care împiedică rotirea elicopterului.*

Momentul forței și rotația

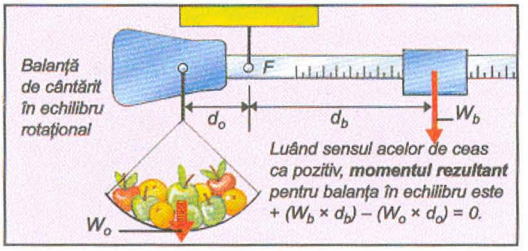
Măsura capacității unei forțe de a roti un corp în jurul unei axe (**axa de rotație**). Aceasta este produsul dintre forță și perpendiculara distanței de la axă la linia de-a lungul căreia acționează forța (vezi diagrama de mai jos) **Unitatea SI*** a momentului forței este **Newton metrul (Nm)**.


Forța aplicată pe clanța ușii
Balama (centru de rotație)
d
F
Distanța de la axa de rotație la direcția forței (perpendiculară pe direcția de forță)
F
Forța aplicată pe cheie
d
Distanța de la axa de rotație la direcția forței (perpendiculară)
Axa de rotație (centrul șurubului)

Pentru fiecare caz:

Momentul = Fd

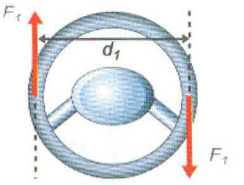
Când se ia în considerare momentul forței, trebuie stabilită axa în funcție de care este considerat și trebuie utilizat un **semn convențional** pentru a distinge momentele care sunt în sens orar și antiorar. **Momentul forței rezultante** este singurul care are același efect, deoarece toate momentele individuale acționează împreună.


Balanță de cântărit în echilibru rotațional
F
d_o
d_b
W_b
W_o
Luând sensul acelor de ceas ca pozitiv, **momentul rezultant** pentru balanța în echilibru este $+ (W_b \times d_b) - (W_o \times d_o) = 0$.

Cuplul de forțe

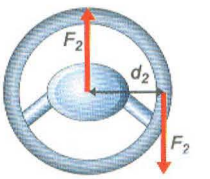
Două forțe paralele care sunt egale și de sens contrar, dar nu acționează de-a lungul aceleiași direcții. Ele produc doar un efect de rotire, fără accelerația rezultantă a **centrului de masă***. **Momentul forțelor rezultante** produs de un cuplu de forțe este suma momentelor produse și este egal cu produsul dintre distanța perpendiculară dintre direcțiile de-a lungul cărora acționează forțele și mărimea unei forțe.

Forțele egale de sens contrar (cuplu de forțe) aplicate pe un volan fac ca acesta să se rotească



Momentul de cuplu = $F_1 \times d_1$

În acest caz, o forță este aplicată de mână, iar cealaltă de axul de rotire al volanului.



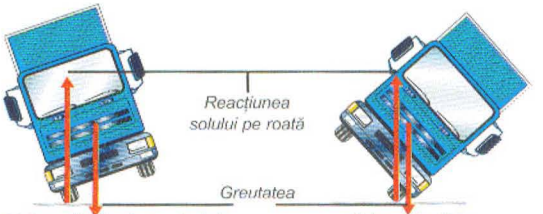
Momentul de cuplu = $F_2 \times d_2$

Răsturnarea

Un fenomen care are loc dacă linia verticală prin **centrul de masă*** al unui corp nu trece prin baza corpului. Dacă are loc acest fenomen, **cuplul** forței de greutate și al **forței de apăsare normală*** rotesc obiectul mai departe.

*Balansare ușoară – **cuplul** de forțe îl va readuce la nivel.*

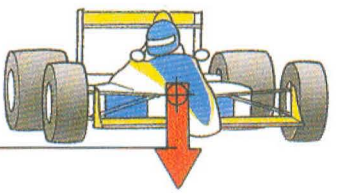
***Balansare** – acum cuplul de forțe îl va roti mai departe.*



***Linia verticală prin centrul de masă** trece prin bază.*

***Linia verticală în** afara bazei*

***Centrul de masă** scăzut și o bază largă fac ca mașinile de curse să fie foarte stabile.*



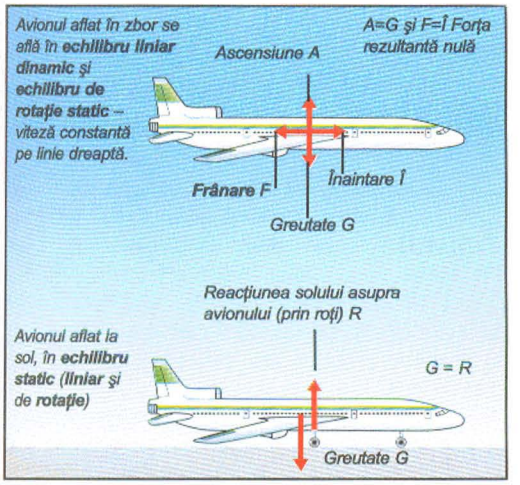
***Accelerație**, 11; **Accelerație unghiulară**, 17; **Centru de masă**, **Mișcare liniară**, 10; **Forță de apărare normală**, 7 (**Coeficientul de frecare**); **Mișcare de rotație**, **Semn convențional**, 11; **Unități SI**, 96.

Echilibrul

Când un corp nu se mişcă accelerat, se spune că acesta este în **echilibru**. Poate fi în **echilibru liniar** (**centrul de masă*** nu se mişcă accelerat) şi/sau în **echilibru de rotaţie** (nu este acceleraţie în jurul centrului de masă). Mai mult, în ambele cazuri, echilibrul poate fi **static** (nu se mişcă) sau **dinamic** (se mişcă).

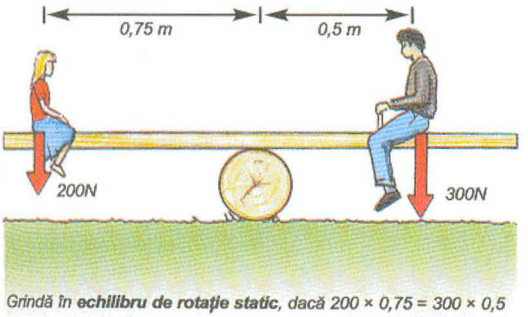
Echilibrul liniar

Starea unui corp când **centrul său de masă** nu se mişcă accelerat; viteza şi direcţia de mişcare rămân neschimbate. Forţa rezultantă asupra corpului trebuie să fie nulă când acesta este în echilibru liniar.


Avionul aflat în zbor se află în echilibru liniar dinamic şi echilibru de rotaţie static – viteză constantă pe linie dreaptă.
Ascensiune A
A=G şi F=Î Forţa rezultantă nulă
Frânare F
Înaintare Î
Greutate G
Reacţiunea solului asupra avionului (prin roţi) R
Avionul aflat la sol, în echilibru static (liniar şi de rotaţie)
G = R
Greutate G

Echilibrul de rotaţie

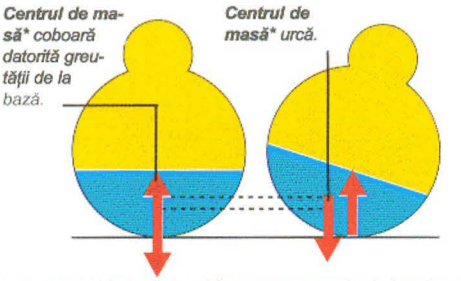
Starea în care se află un corp când nu există **acceleraţie unghiulară*** sau când acesta se roteşte cu o **viteză unghiulară*** constantă. Dacă un corp se află în echilibru de rotaţie, **momentul rezultantei** (vezi **momentul forţei**) faţă de axă este nul (**principiul momentelor**).



*Grindă în **echilibru de rotaţie static**, dacă 200 × 0,75 = 300 × 0,5*

Echilibrul stabil

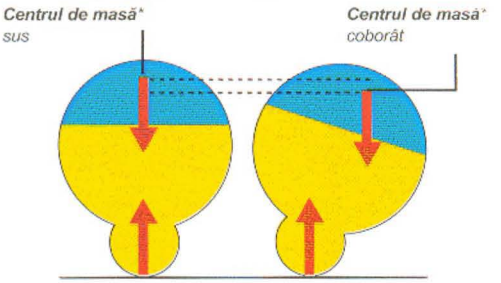
Starea în care dacă un corp este mişcat pe o distanţă mică faţă de poziţia de echilibru, acesta se întoarce în poziţia sa iniţială. Acest lucru are loc când **centrul de masă*** urcă.



*Greutatea şi forţa de la sol formează un **cuplu** de forţe* care face ca jucăria să se ridice.*

Echilibrul instabil

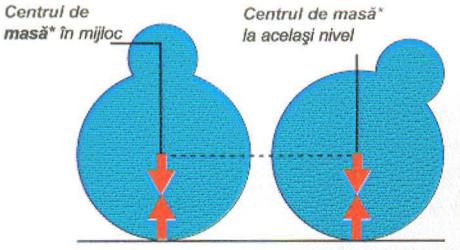
Starea în care dacă un corp este mişcat pe o distanţă mică faţă de poziţia de echilibru, acesta nu se întoarce în acea poziţie. Acest fenomen are loc când **centrul de masă*** coboară la mişcarea corpului.



Greutatea şi reacţiunea solului fac ca jucăria să se răstoarne.

Echilibrul indiferent

Starea în care un corp este mişcat pe o distanţă mică faţă de poziţia de echilibru, acesta rămânând în poziţia nouă. Are loc când **centrul de masă*** rămâne la aceeaşi înălţime.

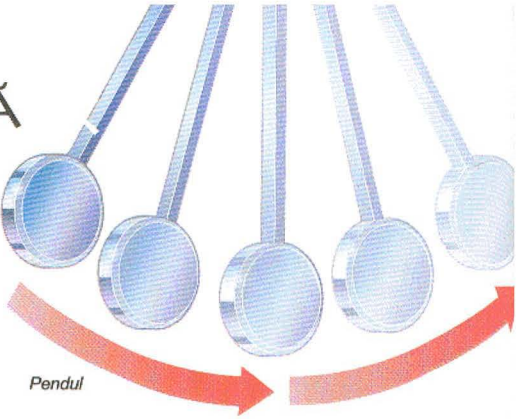


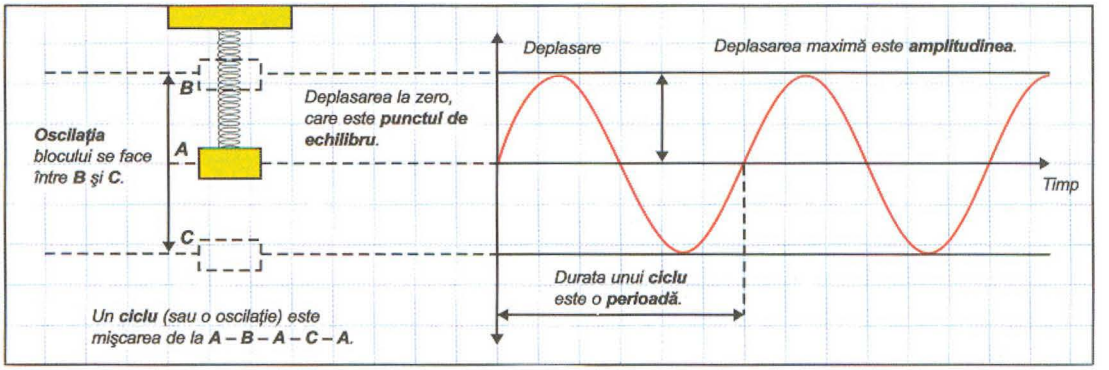
*Greutatea şi forţa de reacţiune pe aceeaşi linie – nu există **cuplu** de forţe, deci jucăria rămâne în noua poziţie.*

*Acceleraţie unghiulară, Viteză unghiulară, 17; **Centru de masă**, 10; **Frânare**, 19 **(Viteza finală)**.

MIŞCAREA PERIODICĂ

Mişcarea periodică este orice mişcare care se repetă la intervale egale de timp. Exemple de mişcare periodică sunt corpurile care se mişcă circular (**mişcare circulară**), oscilaţia pendulului şi vibrarea moleculelor. **Propagarea undelor*** constă în oscilaţia particulelor sau a câmpurilor.




B
A
C
Oscilaţia blocului se face între B şi C.
Deplasarea la zero, care este punctul de echilibru.
Deplasare
Deplasarea maximă este amplitudinea.
Timp
Durata unui ciclu este o perioadă.
Un ciclu (sau o oscilaţie) este mişcarea de la A – B – A – C – A.

Ciclul
Mişcarea efectuată de la un punct până în acelaşi punct, când mişcarea se repetă. De exemplu, o rotaţie a unui corp pe o circumferinţă.

Oscilaţia
Mişcarea periodică dintre două puncte extreme, de ex. o greutate atârnată de un arc se mişcă în sus şi în jos. Într-un sistem oscilatoriu, există un schimb continuu între **energia cinetică*** şi **energia potenţială***. Energia totală a unui sistem (suma energiei cinetice şi potenţiale) rămâne constantă dacă nu există **amortizare**.

Perioada (T)
Perioada de timp necesară efectuării unui **ciclu** complet, de ex. perioada de rotaţie a Pământului în jurul axei sale este de 24 de ore.

Frecvenţa (f)
Numărul de **cicluri** ale unei anumite mişcări efectuate într-un anumit interval de timp. **Unitatea în SI*** pentru frecvenţă este **Hertz (Hz)**.

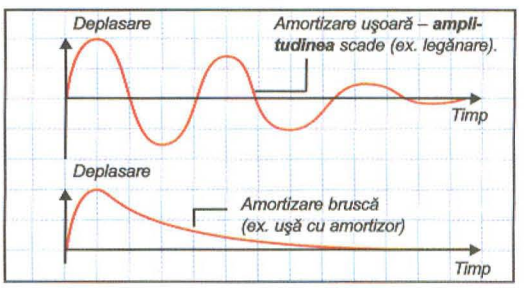
$$f = 1/T$$
unde f = **frecvenţa**; T = **perioada**

Punctul de echilibru
Poziţia în jurul căreia **oscilează** un corp şi în care se întoarce după oscilaţie, de ex. poziţia de echilibru a unui pendul este când acesta se află în poziţia verticală. De obicei, acest punct este considerat poziţia iniţială.

Amplitudinea
Deplasarea maximă a unei **particule oscilante** faţă de **punctul de echilibru**.

Amortizarea
Procesul în care, datorită pierderii de energie, **oscilaţiile** încetinesc, de ex. şocurile preluate de maşini la trecerea peste denivelări cauzează oscilaţii care ulterior se amortizează.

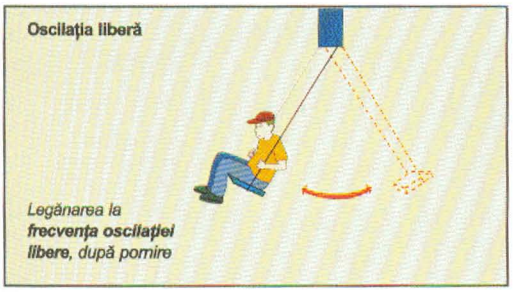
Amortizarea într-un sistem de oscilaţii



*Energia cinetică, 9; Energia potenţială, 8; Unităţi SI, 96; Propagarea undelor, 34.

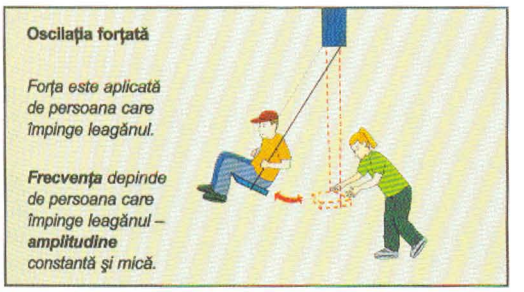
Oscilaţia liberă

Oscilaţia unui sistem care este lăsat liber după pornire. **Perioada** şi **frecvenţa** sistemului se numesc **perioada** şi **frecvenţa oscilaţiei libere** (acestea rămân egale, atâta timp cât **amortizarea** nu este prea mare).



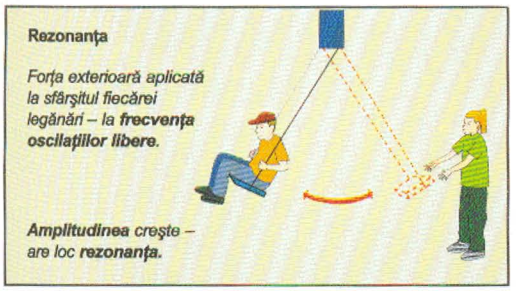
Oscilaţia forţată

Oscilaţia unui sistem după aplicarea periodică a unei forţe exterioare (forţă aplicată sistemului). Sistemul va oscila cu **frecvenţa** imprimată de forţa exterioară, fără a ţine seama de **frecvenţa oscilaţiei libere**.


Oscilaţia forţată
Forţa este aplicată de persoana care împinge leagănul.
Frecvenţa depinde de persoana care împinge leagănul – amplitudine constantă şi mică.

Rezonanţa

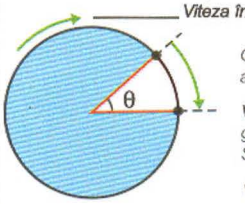
Efectul prezentat de un sistem în care **frecvenţa** forţei exterioare (o forţă aplicată sistemului) este aproximativ egală cu **frecvenţa oscilaţiilor libere** a sistemului. Astfel, sistemul are o **amplitudine** mare.


Rezonanţa
Forţa exterioară aplicată la sfârşitul fiecărei legănări – la frecvenţa oscilaţiilor libere.
Amplitudinea creşte – are loc rezonanţa.

Mişcarea circulară

Mişcarea circulară uniformă

Mişcarea unui corp pe un cerc, cu o viteză constantă. Deoarece direcţia (şi totodată **viteza**) se schimbă, corpul are o **acceleraţie** constantă spre centru (**acceleraţie centripetă**), deci există o forţă care acţionează spre centrul cercului. Mişcarea circulară se poate considera în funcţie de **viteza unghiulară**.



Corpul necesită timpul t pentru a descrie unghiul θ.

***Viteza unghiulară** este măsura unghiului de deplasare pe secundă. Se măsoară în radiani pe secundă.*

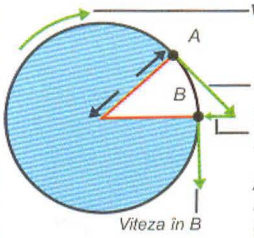
Viteza unghiulară = θ/t rad/s⁻¹.

Acceleraţia centripetă (a)

Acceleraţia unui corp în mişcare circulară (vezi mai sus), care acţionează spre centrul cercului.

Forţa centripetă

Forţa care acţionează asupra unui corp spre centrul unui cerc pentru a produce **acceleraţia centripetă**.

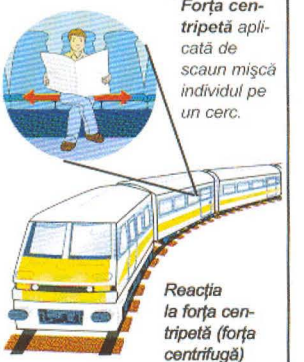


***Acceleraţia unghiulară** implică o modificare a **vitezei unghiulare** (viteza pe cerc se modifică).*

$$a = \frac{v^2}{r}$$ unde

a = acceleraţia centripetă
v = viteza în liniară
r = raza cercului

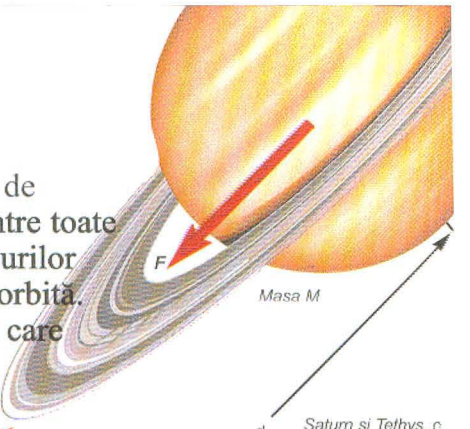
Forţa centripetă are o reacţiune egală şi de sens contrar (vezi **principiul al II-lea al lui Newton**, pagina 12), numită **forţă centrifugă**. Pentru un observator terestru ea nu acţionează asupra corpului care se mişcă circular.

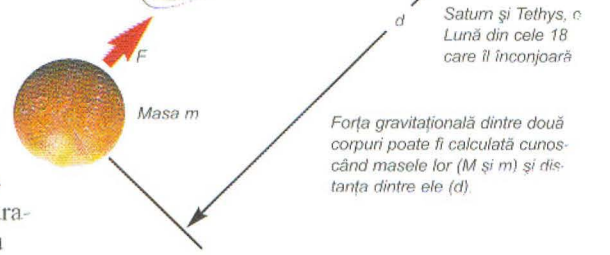


*Acceleraţie, 11; Viteză, 10.

GRAVITAȚIA

Gravitația este efectul **forței gravitaționale*** de atracție (vezi și pagina 104), care acționează între toate corpurile din univers. Se observă în cazul corpurilor masive ca planetele, care datorită ei rămân pe orbită. Forța gravitațională dintre un corp și o planetă care atrage corpul este numită greutatea corpului.





Satum și Tethys, o Lună din cele 18 care îl înconjoară

Forța gravitațională dintre două corpuri poate fi calculată cunoscând masele lor (M și m) și distanța dintre ele (d).

Legea gravitațională a lui Newton

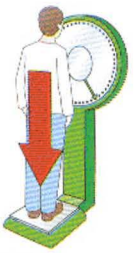
Susține că între oricare 2 corpuri care au masă există o forță gravitațională care depinde de masele corpurilor și de distanța dintre ele. **Constanta gravitațională (G)** are valoarea de $6,7 \times 10^{-11}$ $Nm^2 kg^{-2}$; valoarea sa mică arată că forțele gravitaționale sunt neglijabile, cu excepția când una dintre mase este foarte mare.

$$F = G\frac{Mm}{d^2}$$ unde G = ***constanta gravitațională***

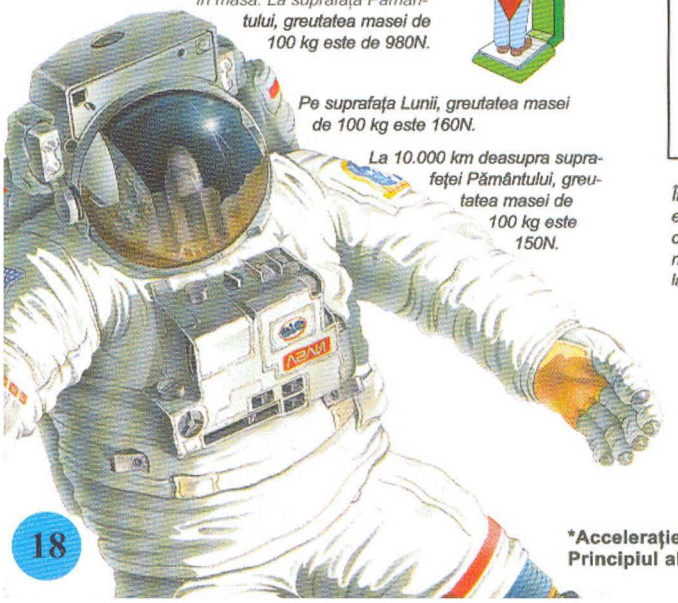
Greutatea

Atracția gravitațională a unui corp masiv (exemplu o planetă) asupra unui alt corp. Greutatea corpurilor nu este constantă, ci depinde de distanța la care se află de planetă și de masa planetei. Deci, deși masa unui corp este independentă de poziția sa, greutatea acestuia nu este.

Greutatea masei a 100 Kg se modifică în funcție de poziție:



De fapt, cântarele măsoară forța exercitată asupra lor, dar scala „traduce" această forță în masă. La suprafața Pământului, greutatea masei de 100 kg este de 980N.

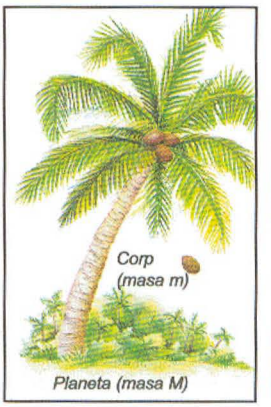


Pe suprafața Lunii, greutatea masei de 100 kg este 160N.

La 10.000 km deasupra suprafeței Pământului, greutatea masei de 100 kg este 150N.

Accelerația gravitațională (g)

Accelerația produsă de forța de atracție gravitațională. Valoarea sa este constantă pentru orice masă într-un loc dat. La suprafața Pământului este de aproximativ 9,8 m s^{-2} și, conform **legii gravitației formulate de Newton**, deasupra acestei suprafețe ea scade. Valoarea 9,8 m s^{-2} este folosită ca unitate de accelerație (**forța g**).



*Din **legea gravitației** și din **principiul al II-lea formulat de Newton**:*

$$\text{Forța gravitațională } (=mg) = G\frac{Mm}{d^2}$$

*Deci, **accelerația dată de gravitație (g)**:*

$$g = G\frac{M}{d^2}$$

*În timpul întoarcerilor, piloții experimentează **forțe g** crescute (de ex. 5g – de cinci ori normalul), care pot duce la pierderea cunoștinței.*

***Accelerație**, 11; **Forță gravitațională**, 6; **Principiul al II-lea al lui Newton**, 12.

Viteza finală

Viteza* maximă constantă, atinsă de un corp care cade într-un gaz sau lichid. Cu cât viteza creşte, cu atât rezistenţa opusă de aer sau de lichid (**frânarea**) creşte. În cele din urmă, **frânarea** se egalează cu greutatea corpului, iar viteza acestuia nu mai creşte.

*Imediat după ce sare paraşutistul, **viteza*** = 0, deci **frânarea** = 0 şi **acceleraţia*** = g.*

Frânare
Forţă în jos = greutatea
Viteza creşte, frânarea creşte, acceleraţia mai mică decât g.
La viteza finală, frânarea este egală cu greutatea, acceleraţia = 0.
Paraşuta deschisă, frânarea mult mai mare, viteza finală mai mică.

Viteza de „scăpare”

Viteza minimă pe care trebuie s-o atingă un corp pentru a scăpa de atracţia gravitaţională a unei planete, fără să mai necesite propulsie. Pe Pământ, aceasta este de aproximativ 40.000 km/h.

Căderea liberă

Mişcarea unui corp când asupra acestuia **acţionează numai forţa gravitaţională (când nu** acţionează nici o forţă de rezistenţă sau alte forţe, de ex. rezistenţa aerului).

Suprafaţa este curbă.
Suprafaţa planetei se deplasează la fel de repede ca şi nava în cădere liberă.
Nava nu se mai apropie de planetă, ci o înconjură.

*Acceleraţie, 11; Perioadă, 16; Viteză, 10.

Imponderabilitatea

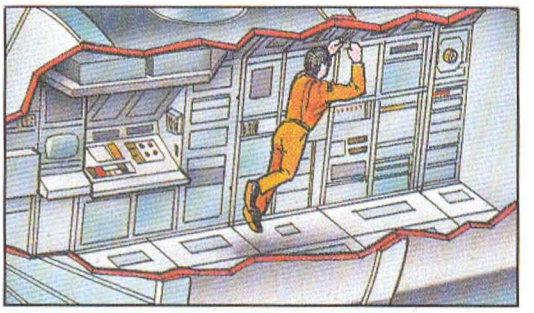
Starea în care corpul nu exercită nici o forţă asupra mediului în care se află.

Imponderabilitatea reală

Imponderabilitatea unui corp aflat într-o zonă fără gravitaţie.

Imponderabilitatea aparentă

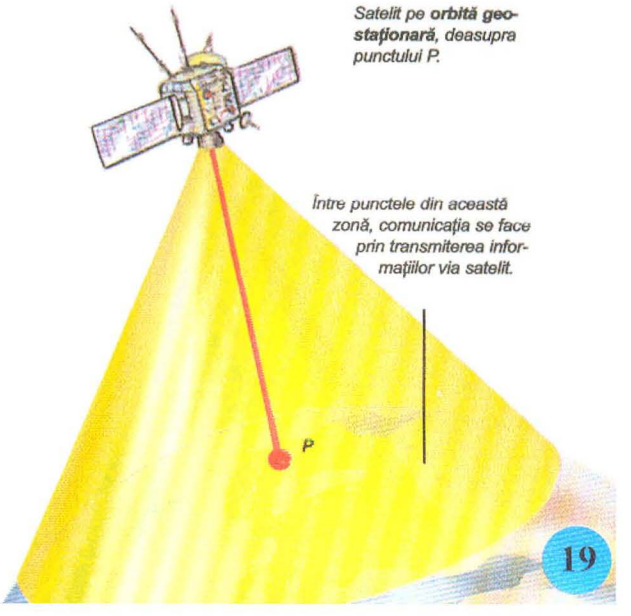
Corpul se comportă ca şi când nu ar acţiona nici o forţă gravitaţională. Are loc când două corpuri **accelerază*** independent în aceeaşi direcţie.



*Astronautul dintr-o navă care gravitează **cade liber** în aceeaşi direcţie cu nava şi de aceea este **aparent imponderabil**.*

Orbită geostaţionară sau de staţionare

Drumul parcurs de un satelit care gravitează în jurul Pământului în aceeaşi direcţie cu rotaţia Pământului, astfel încât el rămâne întotdeauna deasupra aceluiaşi punct de pe suprafaţă. Satelitul are o **perioadă*** de 24 de ore.


Satelit pe orbită geostaţionară, deasupra punctului P.
Între punctele din această zonă, comunicaţia se face prin transmiterea informaţiilor via satelit.
P

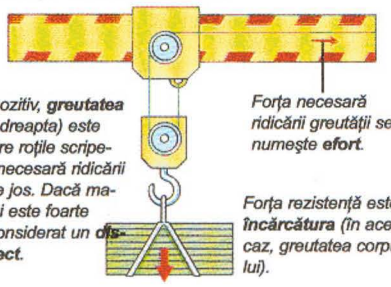
MAŞINI SIMPLE

Maşina simplă este un dispozitiv utilizat în scopul de a învinge forţa **rezistentă**. Această forţă este aplicată într-un punct, iar maşina funcţionează prin aplicarea într-un alt punct a unei alte forţe numite **efort**. De exemplu, un efort mic exercitat asupra frânghiei unui scripete învinge greutatea corpului, acesta putând fi ridicat.

Acest braţ de aparat este mişcat de un dispozitiv hidraulic.

Sistem de scripeţi – exemplu de maşină

(Vezi şi pagina 21)



*În acest dispozitiv, **greutatea inutilă** (vezi dreapta) este frecarea dintre roţile scripetelui şi forţa necesară ridicării scripetelui de jos. Dacă masa scripetelui este foarte mică, este considerat un dispozitiv perfect.*

*Forţa necesară ridicării greutăţii se numeşte **efort**.*

*Forţa rezistenţă este **încărcătura** (în acest caz, greutatea corpului).*

Greutatea inutilă

Forţa necesară învingerii forţei de frecare* dintre componentele în mişcare ale unui dispozitiv şi ridicării oricăreia din părţile mobile.

Maşina perfectă

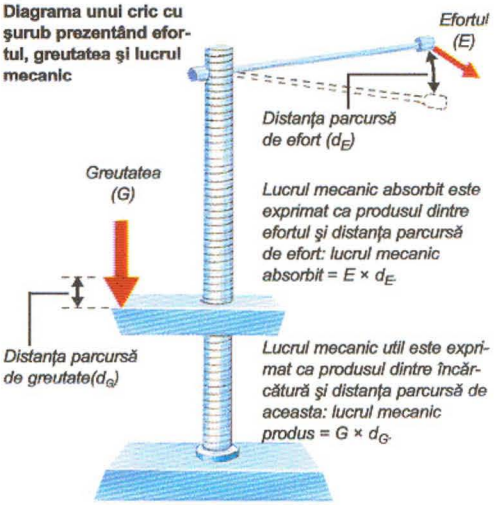
Un dispozitiv teoretic, cu masă inutilă nulă. Dispozitivele la care **masa inutilă**, comparativ cu masa, este neglijabilă, pot fi considerate maşini perfecte.

Avantajul mecanic (A.M.)

Raportul dintre greutate (G) şi efort (E). Un avantaj mecanic mai mare decât altul înseamnă că efortul depus pentru învingerea greutăţii este mai mic. Avantajul mecanic al oricărei **maşini perfecte** rămâne acelaşi, chiar dacă greutatea creşte. Avantajul mecanic al oricărei maşini reale date creşte uşor o dată cu greutatea, deoarece **masa inutilă** devine mai puţin semnificativă când greutatea creşte.

$$A.M. = \frac{G}{E}$$

Diagrama unui cric cu şurub prezentând efortul, greutatea şi lucrul mecanic


Efortul (E)
Distanţa parcursă de efort (d_E)
Greutatea (G)
Lucrul mecanic absorbit este exprimat ca produsul dintre efortul şi distanţa parcursă de efort: lucrul mecanic absorbit = $E \times d_E$
Distanţa parcursă de greutate(d_G)
Lucrul mecanic util este exprimat ca produsul dintre încărcătură şi distanţa parcursă de aceasta: lucrul mecanic produs = $G \times d_G$

Raportul vitezei (R.V.)

Raportul dintre distanţa parcursă de efort şi distanţa parcursă de greutate. Nu are unităţi de măsură. Dacă raportul vitezei este mai mare decât unu, înseamnă că efortul se deplasează mai mult decât greutatea.

$$R.V. = \frac{d_E}{d_G}$$

Randamentul

Raportul dintre **lucrul** mecanic efectuat (forţa × distanţa – vezi pag. 8) asupra greutăţii (lucrul mecanic util) şi lucrul mecanic efectuat de efort (lucrul mecanic absorbit), în procente. Dispozitivele reale au un randament sub 100%, datorită **greutăţii inutile**. **Dispozitivele perfecte** au randament de 100%.

$$\text{Eficienţa} = \frac{\text{lucrul mecanic produs}}{\text{lucrul mecanic absorbit}} \times 100$$

$$= \frac{G \times d_G}{E \times d_E} \times 100$$

$$= A.M. \times \frac{1}{R.V.} \times 100$$

$$\text{Randament} = \frac{A.M.}{R.V.} \times 100$$

Într-un dispozitiv perfect** (randament 100%): **A.M. = R.V.

*Forţă de frecare, 7.

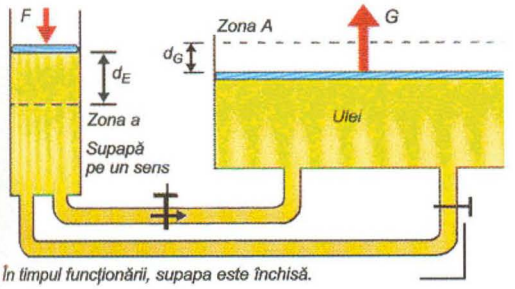
Exemple de maşini

Presa hidraulică

Un cilindru mare şi unul mic, legaţi printr-un tub şi umpluţi cu lichid folosit pentru a produce forţe uriaşe.

Volumul de lichid deplasat = $a \times d_E$ = $A \times d_G$ deci ***R.V.***$(d_E/d_G) = A/a$

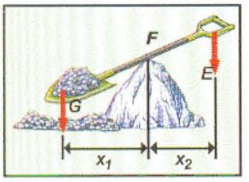
Presa hidraulică

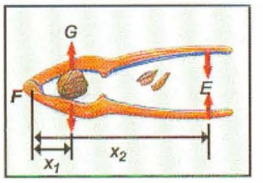


În timpul funcţionării, supapa este închisă.

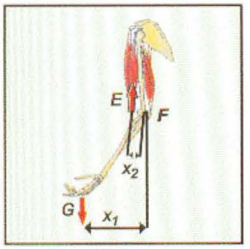
Pârghia

Orice corp rigid care este pivotat în jurul unui punct numit **punct de sprijin (F)**. Greutatea şi efortul pot fi aplicate de o parte şi de alta, cât şi pe aceeaşi parte. Există trei clase de pârghii, prezentate mai jos.





F între efort şi greutate



Efortul între F şi greutate

Pentru ***echilibru*****:*

$G \times x_1 = E \times x_2$

deci A.M. $= \frac{G}{E} = \frac{x_2}{x_1}$

astfel R.V. $= \frac{x_2}{x_1}$

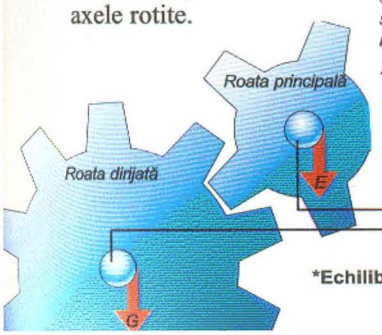
Raportul vitezei *se calculează luând în considerare* ***momentele**** *şi presupunând că* ***A.M. = R.V.*** *(vezi* ***randament****).*

Roata dinţată

Combinarea unor roţi dinţate folosite pentru transmiterea mişcării între **axele rotite.**

De două ori mai mulţi dinţi pe roata dirijată înseamnă că roata principală trebuie ***să se rotească de două ori mai mult.***

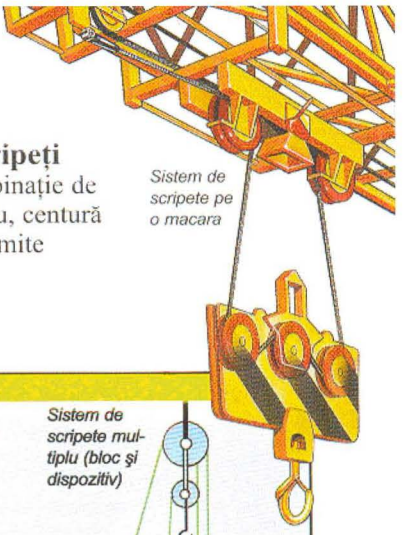
Astfel ***R.V.*** *= raportul dintre numărul de dinţi de pe roata dirijată şi numărul de dinţi de pe roata principală.*



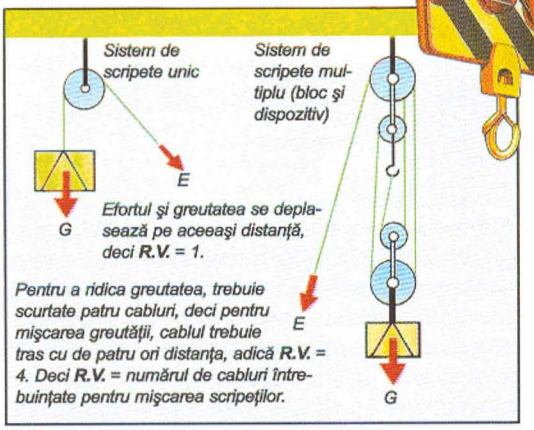
Axele de acelaşi diametru

Sistemul de scripeţi

Un disc (sau combinaţie de discuri) şi un cablu, centură sau lanţ care transmite mişcarea.



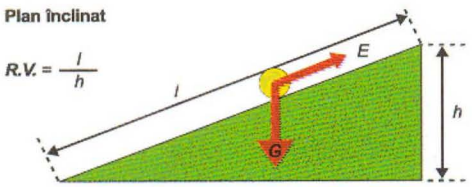
Sisteme de scripeţi


Sistem de scripete unic
Sistem de scripete multiplu (bloc şi dispozitiv)
E
G
Efortul şi greutatea se deplasează pe aceeaşi distanţă, deci R.V. = 1.
Pentru a ridica greutatea, trebuie scurtate patru cabluri, deci pentru mişcarea greutăţii, cablul trebuie tras cu de patru ori distanţa, adică R.V. = 4. Deci R.V. = numărul de cabluri întrebuinţate pentru mişcarea scripeţilor.
E
G

Planul înclinat

Suprafaţa plană care formează un unghi cu orizontala. Un corp se ridică mai uşor pe o suprafaţă înclinată decât pe verticală.

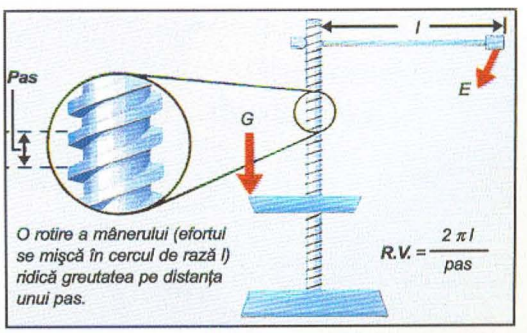
Plan înclinat



Cricul cu şurub

Sistemul în care pentru ridicarea unei greutăţi se răsuceşte filetul unui şurub (de ex., cricul de maşină). Distanţa dintre zimţi se numeşte **pas.**

Cricul cu şurub



*Echilibru, 15; Momentul forţei, 14.

MOLECULE (PROPRIETĂȚI)

Materia are numeroase proprietăți care pot fi explicate în funcție de comportarea moleculelor, mai ales datorată acțiunii forțelor dintre ele (**forțe intermoleculare***). Dintre toate aceste proprietăți, pe această pagină dublă sunt explicate **elasticitatea**, **tensiunea superficială** și **vâscozitatea** (vezi și paginile 4-5 și 24-25).

Elasticitatea

Proprietatea unui corp de a reveni la forma și mărimea inițială după încetarea forțelor de deformare (**tensiune*** sau **compresiune***). Corpurile care au această proprietate sunt **elastice**; cele care nu prezintă această proprietate sunt **plastice**.

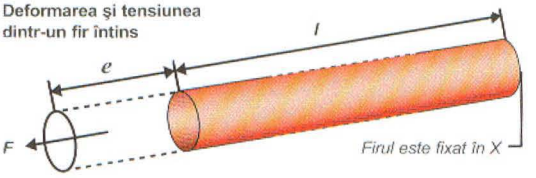
*Ceara răcită este **plastică** (sigiliul lasă o urmă permanentă în ceară).*

Elasticitatea este rezultatul **forțelor intermoleculare*** – la întinderea sau comprimarea unui corp, moleculele acestuia se îndepărtează, respectiv se apropie mai mult. Aceasta rezultă dintr-o forță de atracție (în primul caz) sau de respingere (în al doilea caz), astfel moleculele revin la starea lor inițială când forța de deformare încetează. Aceasta se întâmplă întotdeauna când mărimea forței este sub o anumită valoare (diferită pentru fiecare material), dar toate materialele elastice devin plastice dacă forța depășește această valoare (vezi limita elasticității și punctul de rupere).

Legea lui Hooke

Susține că atunci când se aplică o forță unui corp, **deformarea** este proporțională cu **tensiunea**. Totuși, dacă mărimea forței crește, se atinge **limita proporționalității** (sau **limita de proporționalitate**), moment după care legea lui Hooke nu mai este valabilă (vezi graficul, pag. 23).

Deformarea și tensiunea dintr-un fir întins



***Alungirea** este variația de lungime pe unitatea de lungime inițială.*

$$\textbf{Alungirea} = \frac{e}{l}$$

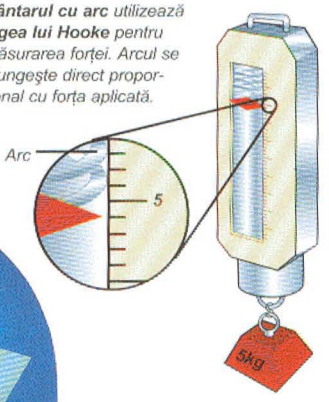
unde e = variația de lungime; l = lungimea inițială

***Tensiune** este forța aplicată pe unitatea de suprafață.*

$$\textbf{Tensiunea} = \frac{F}{A}$$

unde F = forța aplicată A = suprafața secțiunii transversale

***Cântarul cu arc** utilizează **legea lui Hooke** pentru măsurarea forței. Arcul se alungește direct proporțional cu forța aplicată.*



*Scala este **calibrată***, astfel încât lungimea arcului să dea mărimea forței în **newtoni***.

*Pentru un corp **alungit** sau **comprimat**, raportul dintre **tensiune** și **alungire** (vezi mai sus) este întotdeauna identic pentru o substanță dată (**modulul lui Young**), până în momentul atingerii **limitei de proporționalitate**.*

Limita elasticității

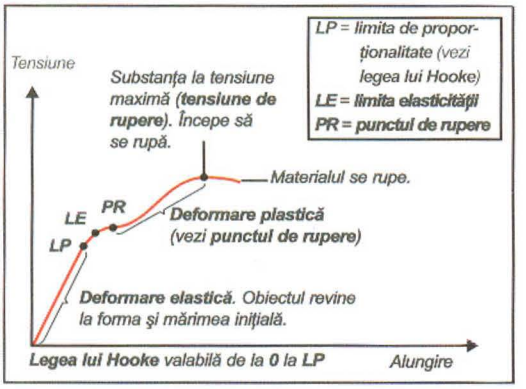
Punctul situat imediat după **limita de proporționalitate** (vezi **legea lui Hooke**), după care corpul încetează să mai fie **elastic**, în sensul că după încetarea forței de deformare, acesta nu-și mai revine la forma și mărimea inițială. Revine la o formă și mărime similară, dar a suferit o alungire permanentă (dacă se aplică noi forțe, acesta va reveni la noua formă, adică în acest sens rămâne elastic).

*Calibrare, 115; Compresiune, Forțe intermoleculare, 7; Newton, 6; Tensiune, 7.

Punctul de rupere

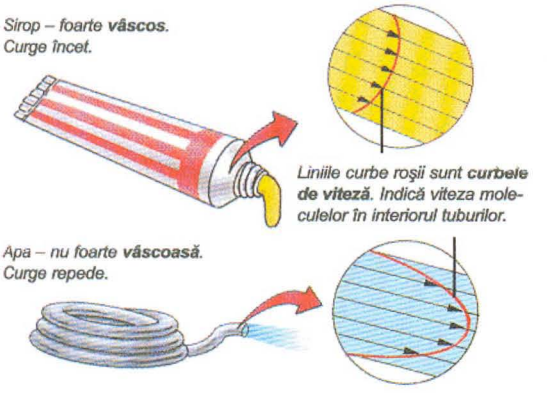
Punctul situat imediat după **limita elasticităţii**, în care forţa de deformare provoacă o schimbare majoră într-o substanţă. Într-o substanţă **elastică***, structura interioară se schimbă – legăturile dintre straturile moleculare se rup, iar straturile se scurg unul peste celălalt. Această schimbare se numeşte **deformare plastică** (substanţa devine plastică). Dacă forţa aplicată creşte, deformarea continuă, iar substanţa se poate rupe. În mod contrar, un corp **inelastic** se va rupe în punctul său de rupere. **Tensiunea de rupere** a unui material este valoarea **tensiunii** în punctul său de rupere. Vezi graficul de mai jos.

Graficul tensiune/alungire pentru un material elastic


Tensiune
Substanţa la tensiune maximă (tensiune de rupere). Începe să se rupă.
LP = limita de proporţionalitate (vezi legea lui Hooke)
LE = limita elasticităţii
PR = punctul de rupere
Materialul se rupe.
LE
PR
LP
Deformare plastică (vezi punctul de rupere)
Deformare elastică. Obiectul revine la forma şi mărimea iniţială.
Legea lui Hooke valabilă de la 0 la LP
Alungire

Vâscozitatea

Uşurinţa cu care curge un lichid. Depinde de mărimea şi de **forţa de frecare*** dintre diferitele straturi de molecule care alunecă unele peste altele.

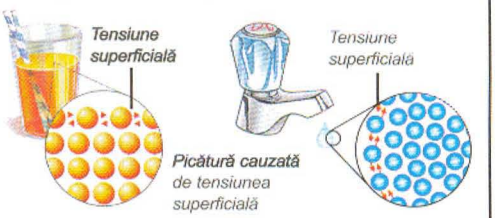

Sirop – foarte vâscos. Curge încet.
Liniile curbe roşii sunt curbele de viteză. Indică viteza moleculelor în interiorul tuburilor.
Apa – nu foarte vâscoasă. Curge repede.

*Straturile marginale ale lichidelor sunt încetinite de **forţa de frecare*** între pereţii rezervorului. Spre interior, frecarea scade. În apă, acest efect scade mult mai repede decât în sirop.

Tensiunea superficială

Proprietatea unei suprafeţe de lichid ce rezultă din **forţele intermoleculare*** care fac ca lichidul să se contracte într-un volum cu cea mai mică suprafaţă posibilă.

Două exemple de tensiune superficială



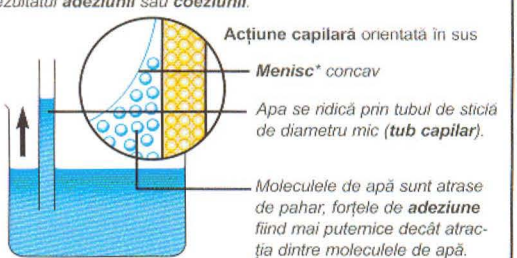
La suprafaţă, moleculele sunt uşor mai îndepărtate decât cele interioare, iar la îndepărtarea lor ele se atrag (vezi **forţele intermoleculare**, pagina 7). Moleculele nu se pot apropia mai mult din cauza forţelor egale între ele. Moleculele de la suprafaţă sunt într-o stare de tensiune constantă, dând suprafeţei proprietăţi elastice.

Păianjen de apă pe suprafaţa apei

Adeziunea

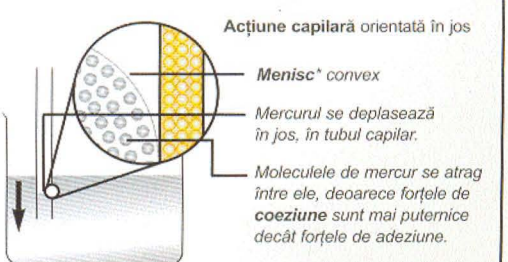
O forţă intermoleculară de atracţie între moleculele diferitelor substanţe.

***Acţiunea capilară** sau **capilaritatea** este rezultatul **adeziunii** sau **coeziunii**.*


Acţiune capilară orientată în sus
Menisc* concav
Apa se ridică prin tubul de sticlă de diametru mic (tub capilar).
Moleculele de apă sunt atrase de pahar, forţele de adeziune fiind mai puternice decât atracţia dintre moleculele de apă.

Coeziunea

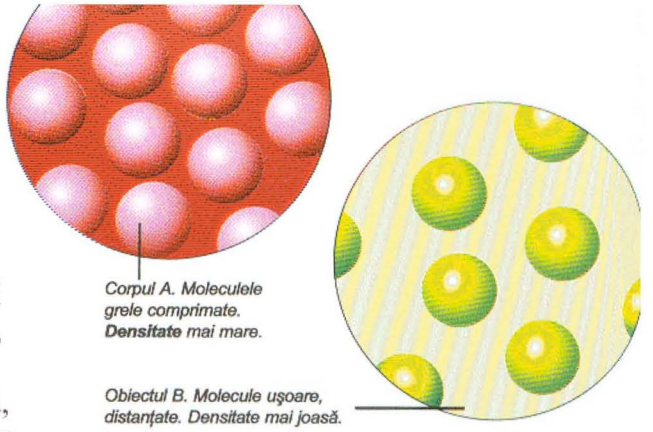
O **forţă intermoleculară*** de atracţie între moleculele aceleiaşi substanţe.


Acţiune capilară orientată în jos
Menisc* convex
Mercurul se deplasează în jos, în tubul capilar.
Moleculele de mercur se atrag între ele, deoarece forţele de coeziune sunt mai puternice decât forţele de adeziune.

*Elastic, 115; Forţă de frecare, Forţă intermoleculară, 7; Menisc, 115.

DENSITATEA ŞI PRESIUNEA

Densitatea (ρ) unui corp depinde atât de masa moleculelor lui, cât şi de volumul acestuia (vezi formula, dreapta). De ex., dacă o substanţă are o densitate mai mare decât alta, atunci aceleaşi volume de substanţe vor avea mase diferite (prima masă fiind mai mare decât a doua). La fel, aceleaşi mase au volume diferite.



Corpul A. Moleculele grele comprimate. ***Densitate*** *mai mare.*

Obiectul B. Molecule uşoare, distanţate. Densitate mai joasă.

$$\rho = \frac{m}{v}$$

unde ρ *= densitatea*
m *= masa;* ***v*** *= volumul*

Deci, $m = \rho \times v$

V este identic pentru corpurile A şi B, deci corpul A are masă mai mare.

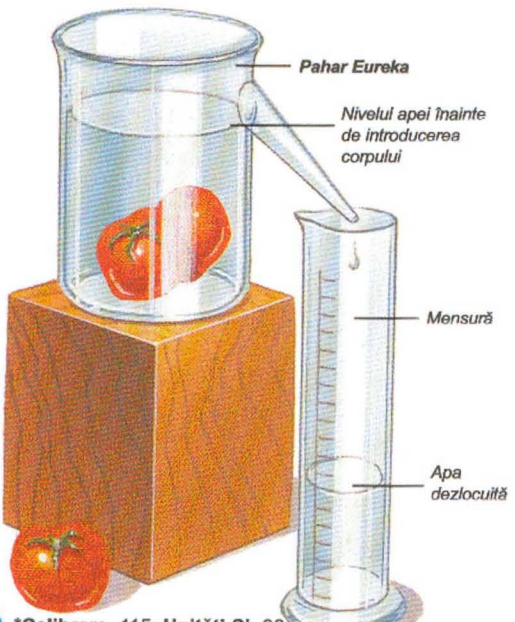
Unitatea SI* pentru densitate este kg m⁻³.

Densitatea relativă

Densitatea unei substanţe în raport cu densitatea apei (care este de 1.000 kg m^{-3}). Aceasta indică cu cât este mai densă sau mai puţin densă o substanţă în raport cu apa, deci rezultatele nu necesită unităţi, de ex. 1,5 (de 1,5 ori mai densă). Se calculează prin împărţirea mesei unei substanţe de orice volum cu masa unui volum egal de apă.

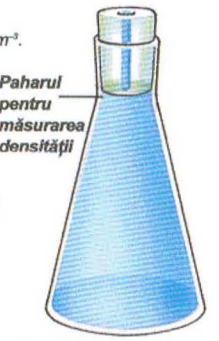
Paharul Eureka

Un pahar folosit la determinarea volumului unui corp solid cu formă neregulată, în scopul de a-i calcula densitatea. Volumul de apă dezlocuit este egal cu volumul corpului. Densitatea corpului este raportul dintre masa şi volumul său.



Paharul pentru măsurarea densităţii

Un pahar care, atunci când este complet plin, conţine un volum de lichid (la temperatură constantă) determinat. Se utilizează la măsurarea densităţii lichidelor (prin măsurarea masei paharului şi lichidului, scăzând masa paharului şi împărţind-o la volumul de lichid).

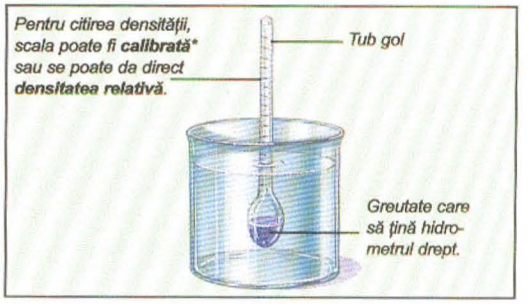


Dop de sticlă tub de *diametru mic* ***(tub capilar).*** *Se umple paharul, se introduce dopul, excesul de lichid se ridică prin tub şi iese – asigură întotdeauna acelaşi volum.*

Densimetrul

Un instrument de măsurare a densităţii lichidului prin nivelul la care se ridică în acel lichid. Dacă lichidul este foarte dens, densimetrul pluteşte aproape de suprafaţă pentru că este necesară dezlocuirea unei mici cantităţi de lichid pentru a egala greutatea densimetrului.

Densimetrul


Pentru citirea densităţii, scala poate fi calibrată* sau se poate da direct densitatea relativă.
Tub gol
Greutate care să ţină hidrometrul drept.

*Calibrare, 115; Unităţi SI, 96.

Presiunea

Presiunea este forţa care acţionează perpendicular, exercitată de un solid, lichid sau gaz pe unitatea de suprafaţă a unei substanţe.

Presiunea într-un vas de apă

Cu cât forţa este mai mare, cu atât presiunea este mai mare.

De exemplu, la suprafaţa acestui vas de apă, există câteva molecule de apă care apasă în jos, deci există o greutate (forţă) mică şi deci o presiune mică. Mai jos, există mai multe molecule de apă, este o greutate (forţă) mai mare şi o presiune mai mare.

Cu cât este mai mare suprafaţa asupra căreia acţionează o forţă constantă, cu atât presiunea este mai mică. Copitele late ale unui caribu se comportă ca nişte bocanci, împrăştiind greutatea pentru a reduce presiunea pe zăpadă.

Cu cât suprafaţa pe care acţionează o forţă constantă este mai mică, cu atât presiunea este mai mare. Un cuţit ascuţit taie mai bine, forţa sa fiind aplicată pe o suprafaţă mai mică.

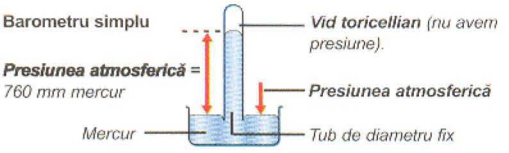
Unitatea SI pentru presiune este* ***pascalul*** *(Pa).*

$$\text{Presiunea} = \frac{\text{forţa}}{\text{suprafaţă}}$$

Barometrul

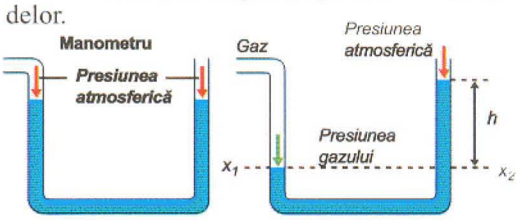
Un instrument folosit pentru măsurarea **presiunii atmosferice** – cauzată de greutatea moleculelor de aer deasupra Pământului. Există câteva tipuri obişnuite.

Barometrul *metalic dă valorile* ***presiunii*** *şi scurte descrieri ale vremii.*



Manometrul

Un tub în formă de U umplut cu lichid, cu care se măsoară diferenţele de presiune ale lichidelor.



Presiunile la x_1 şi x_2 (acelaşi nivel) trebuie să fie egale. Astfel, presiunea gazului = presiunea la x_2 = presiunea atmosferică + presiunea la înălţimea h a lichidului.

Obiecte în lichid

Un corp într-un lichid este supus unei forţe numite de **împingere**. Conform **legii lui Arhimede**, aceasta este egală cu cantitatea de lichid dezlocuit de acel corp. **Principiul de plutire** susţine că dacă un corp pluteşte, cantitatea lichidului dezlocuit (forţa de împingere) este egală cu propria sa greutate. Se poate arăta (vezi jos) că un corp se scufundă, se ridică la suprafaţă sau pluteşte într-un lichid în funcţie de densitatea acestuia.

Submarinele se supun ***legii lui Arhimede****. Schimbarea de aer/apă din tancurile de balast modifică densitatea.*

Legea lui Arhimede

Forţa de împingere = greutatea lichidului dezlocuit

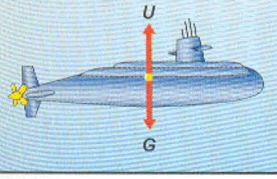
Principiul plutirii

Corpul plutind ***U = G*** — *unde U = forţa de împingere, G = greutatea corpului*

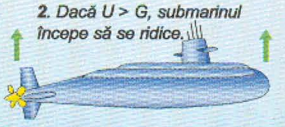
Greutatea = masa (m) × acceleraţie gravitaţională (g)
masa = densitatea (ρ) × volumul (v)
deci greutatea (obiect sau lichid dezlocuit = ρvg

Asupra submarinului acţionează două forţe, de ***împingere*** *şi greutatea sa.*

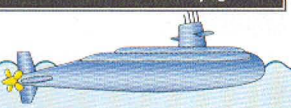
1. Dacă U = G, submarinul rămâne la o adâncime dată.



2. Dacă U > G, submarinul începe să se ridice.



Submarinul se ridică la suprafaţă şi pluteşte. U = G, deşi densitatea este încă mai mică decât cea a apei (vezi mai jos) deoarece volumul de apă dezlocuit acum este mai mic.



Atât G, cât şi U = ρVg (vezi mai sus). V şi g sunt egale pentru ambele, iar densitatea (ρ) apei este constantă. Deci 1, 2 şi 3 pot fi îndeplinite prin modificarea densităţii submarinului. În 1, densitatea submarinului este egală cu cea a apei, în 2 este mai mică, iar în 3 este mai mare.

3. Dacă ***U < G****, submarinul începe să se scufunde.*

*Unităţi SI, 96.

TEMPERATURA

Temperatura unui corp măsoară starea **termică a acestuia. Se măsoară cu termometrul** care poate fi **calibrat*** să arate valorile diferitelor scări de temperatură. Scările acceptate la nivel internațional sunt **scara temperaturii absolute** și **scara Celsius.**

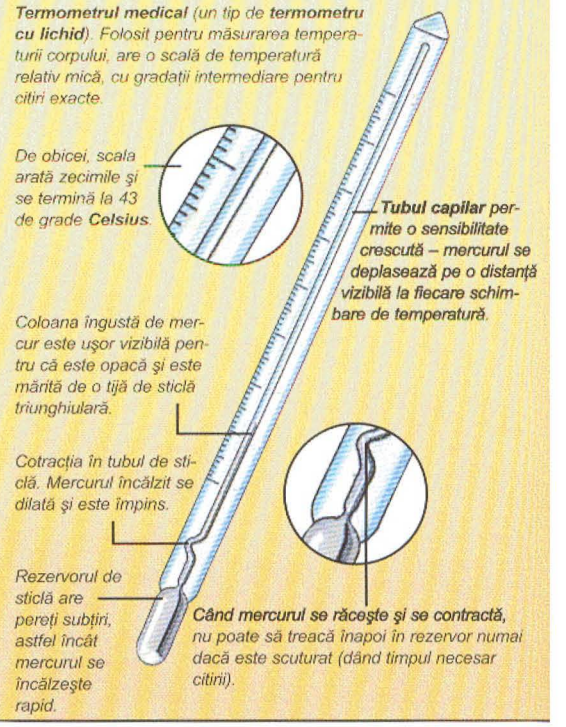
*Pe Venus, **temperatura** este de aproximativ 480°C sau 753K. Aceasta se datorează faptului că norii groși reține radiațiile solare și împiedică eliberarea căldurii.*

Termometrul

Instrument utilizat pentru măsurarea temperaturii. Există numeroase tipuri diferite și toate funcționează prin măsurarea **proprietății termometrice** – proprietate care se schimbă o dată cu temperatura. De exemplu, **termometrele cu lichid** măsoară volumul unui lichid (ele sunt astfel **calibrate*** ca la creșterea de volum să indice creșterile de temperatură).

Termometrul cu lichid

Un **termometru** obișnuit care măsoară temperatura prin destinderea unui lichid aflat într-un tub de diametru mic (**tub capilar**). Un bulb de sticlă este rezervorul de lichid, care de obicei este fie mercur, fie alcool colorat. Aceste substanțe răspund foarte repede la schimbările de temperatură – mercurul se folosește pentru temperaturi mai înalte, iar alcoolul pentru cele mai joase.


Termometrul medical (un tip de termometru cu lichid). Folosit pentru măsurarea temperaturii corpului, are o scală de temperatură relativ mică, cu gradații intermediare pentru citiri exacte.
De obicei, scala arată zecimile și se termină la 43 de grade Celsius.
Tubul capilar permite o sensibilitate crescută – mercurul se deplasează pe o distanță vizibilă la fiecare schimbare de temperatură.
Coloana îngustă de mercur este ușor vizibilă pentru că este opacă și este mărită de o tijă de sticlă triunghiulară.
Cotracția în tubul de sticlă. Mercurul încălzit se dilată și este împins.
Rezervorul de sticlă are pereți subțiri, astfel încât mercurul se încălzește rapid.
Când mercurul se răcește și se contractă, nu poate să treacă înapoi în rezervor numai dacă este scuturat (dând timpul necesar citirii).

Scale de temperatură

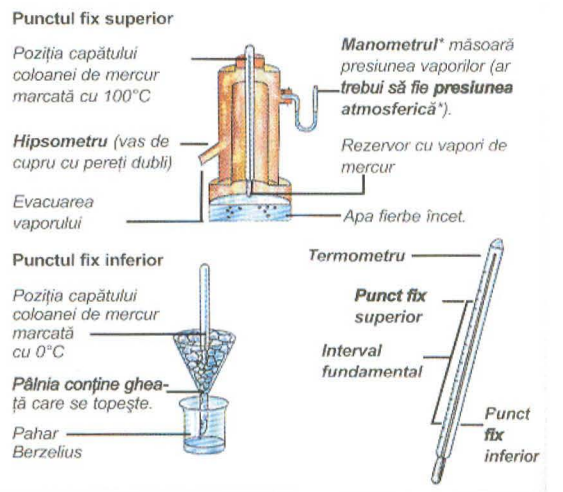
Punctul fix

Temperatura la care au loc (în condiții date) anumite schimbări observabile și căreia i se poate da o valoare față de care pot fi măsurate toate celelalte temperaturi. Astfel de exemple sunt **punctul de topire** (temperatura la care se topește gheața pură) și **punctul de fierbere** (temperatura vaporului de deasupra apei care fierbe la **presiune atmosferică*** normală).

Pentru **calibrarea*** termometrului se folosesc două puncte fixe – **punctul fix inferior** și cel **superior**.

Distanța dintre aceste repere este denumită **interval fundamental**.

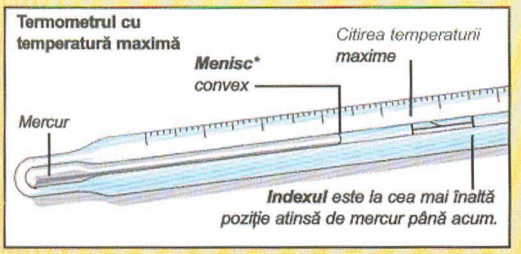
Folosirea punctelor fixe pentru calibrarea* scării Celsius pe un termometru

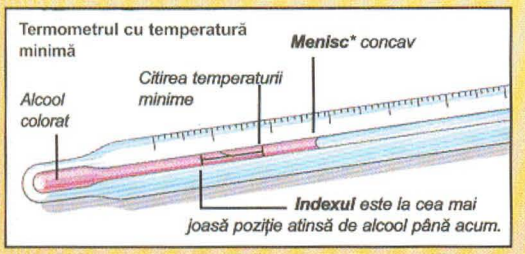

Punctul fix superior
Poziția capătului coloanei de mercur marcată cu 100°C
*Manometrul** măsoară presiunea vaporilor (ar trebui să fie **presiunea atmosferică***).
Hipsometru (vas de cupru cu pereți dubli)
Rezervor cu vapori de mercur
Evacuarea vaporului
Apa fierbe încet.
Punctul fix inferior
Poziția capătului coloanei de mercur marcată cu 0°C
Pâlnia conține gheață care se topește.
Pahar Berzelius
Termometru
Punct fix superior
Interval fundamental
Punct fix inferior

*Presiune atmosferică, 25 (Barometrul); Calibrare, 115; Manometru, 25.

Termometre cu temperaturi maxime şi minime

Termometre speciale cu lichid care măsoară temperatura maximă sau minimă, atinsă într-o anumită perioadă de timp. Ele sunt alcătuite dintr-un **index** de metal şi sticlă (vezi imaginea de mai jos), care este împins în sus, respectiv tras în jos de **meniscul*** lichid. Indexul rămâne la poziţia maximă sau minimă pe care o atinge. Se poate anula foarte uşor prin utilizarea unui magnet.


Termometrul cu temperatură maximă
Citirea temperaturii maxime
Menisc* convex
Mercur
Indexul este la cea mai înaltă poziţie atinsă de mercur până acum.


Termometrul cu temperatură minimă
Menisc* concav
Citirea temperaturii minime
Alcool colorat
Indexul este la cea mai joasă poziţie atinsă de alcool până acum.

Alte tipuri de termometre

*Avioanele au sub suprafaţa aripii **termistori*** pentru măsurarea temperaturii aerului.

Termometrul cu rezistenţă

Măsoară temperatura prin schimbarea **rezistenţei*** provocată într-o bobină. Dispozitive similare, de ex. sub aripile avioanelor, folosesc modificările de rezistenţă din **termistori***.

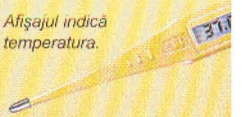
Termometrul cu cristale lichide

Termometru care conţine cristale lichide care îşi schimbă culoarea când sunt încălzite.

***Termometrul cu cristale lichide aplicat** pe piele arată temperatura.*

Termometrul digital

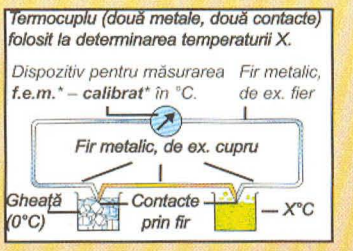
Termometru cu componentă electrică sensibilă la căldură.



Afişajul indică temperatura.

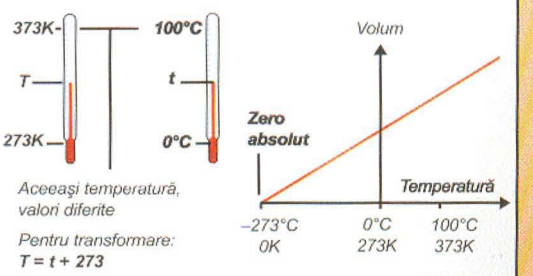
Termocuplul

Un dispozitiv care pentru măsurarea diferenţei de temperatură foloseşte **f.e.m.*** produsă prin contactele metalice.


Termocuplu (două metale, două contacte) folosit la determinarea temperaturii X.
Dispozitiv pentru măsurarea f.e.m.* – calibrat* în °C.
Fir metalic, de ex. fier
Fir metalic, de ex. cupru
Gheaţă (0°C)
Contacte prin fir
X°C

Scara temperaturii absolute sau termodinamice

Scara de temperatură standard, care foloseşte unităţi de măsură numite grade **Kelvin (K)**. Valoarea zero este dată celei mai joase temperaturi posibile teoretic, numită **zero absolut**. Obţinerea unei temperaturi mai joase este imposibilă, deoarece ar necesita un volum negativ (vezi graficul din dreapta) care nu există.



Scara Celsius (°C)

Scara de temperatură standard, identică în gradaţie cu **scara temperaturii absolute**, dar cu valorile de zero şi o sută date **punctelor de topire** şi respectiv **de fierbere** (vezi **punctele fixe**).

Scara Fahrenheit (°F)

O scară veche cu **punctul de topire** la valoarea de 32°F şi cel **de fierbere** la 212°F (vezi **repere fixe**). În lucrările ştiinţifice se foloseşte rar.

*Calibrare, 115; **Forţă electromotoare (f.e.m.)**, 60; **Gaz ideal**, 33; **Menisc**, 115; **Rezistenţă**, 62; **Termistor**, 65.

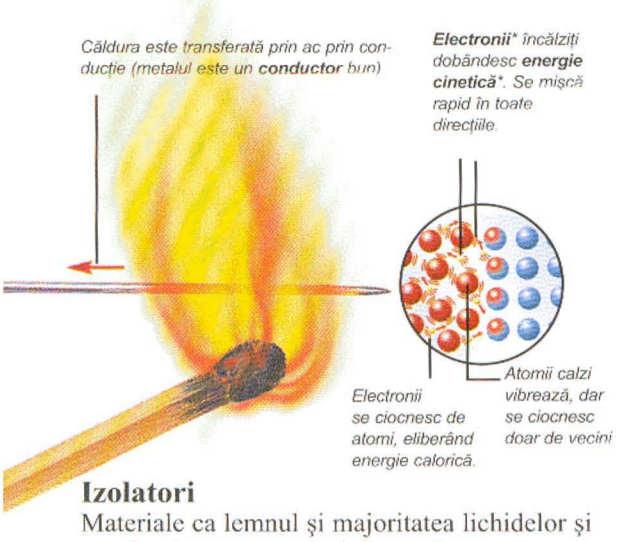
TRANSFERUL DE CĂLDURĂ

Când există o diferență de temperatură, **energia calorică** (vezi pagina 9) este transferată din locul mai cald spre locul mai rece prin **conducție**, **convecție** sau **radiație**. Acesta crește **energia internă*** a atomilor mai reci, crescându-le temperatura, și scade energia atomilor mai calzi, scăzându-le temperatura. Acest fenomen se continuă până când temperaturile se egalează – stare numită **echilibru termic**.

*Planoarele sunt indicate prin **convecția curenților** de aer cald.*

Conducția sau conducția termică

Modul în care se transferă căldura substanțelor solide (și, într-o proporție mult mai mică, a lichidelor și gazelor). În **conductorii** buni, transferul de energie este rapid, făcându-se prin mișcarea **electronilor*** liberi (electroni care se pot mișca în jurul lor), dar și prin vibrația atomilor – vezi **izolatori** mai jos.

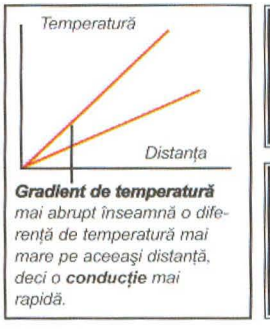

Căldura este transferată prin ac prin conducție (metalul este un **conductor** bun)
Electronii* încălziți dobândesc **energie cinetică***. Se mișcă rapid în toate direcțiile.
Electronii se ciocnesc de atomi, eliberând energie calorică.
Atomii calzi vibrează, dar se ciocnesc doar de vecini

Izolatori

Materiale ca lemnul și majoritatea lichidelor și gazelor, în care procesul de **conducere** este foarte lent (ele sunt **conductori** slabi). Deoarece ele nu au **electroni*** liberi, energia calorică este transferată doar prin conducția dată de vibrația și ciocnirea dintre atomii învecinați.

Conductivitatea sau conductivitatea termică

Măsura calității de conductor de căldură a substanței (vezi și pagina 112). Transferul de energie calorică pe unitatea de suprafață printr-un corp depinde de material și de **gradientul de temperatură**. Acesta este variația de temperatură cu lungimea substanței. Cu cât conductivitatea este mai crescută și gradientul este mai mic, cu atât transferul de energie are loc mai rapid.


Temperatură
Distanța
Gradient de temperatură mai abrupt înseamnă o diferență de temperatură mai mare pe aceeași distanță, deci o **conducție** mai rapidă.

Gradientul de temperatură

$$\frac{t_2 - t_1}{x}$$

unde t_1, t_2 = temperaturile în punctele 1 și 2; x = distanța

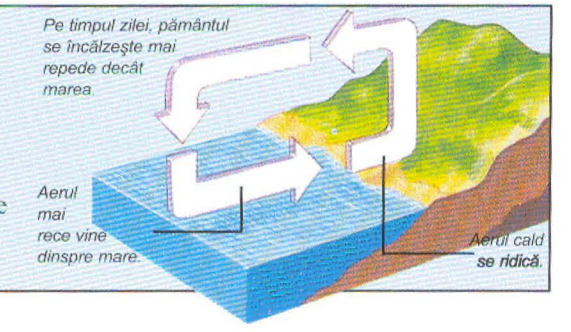
Transfer de energie pe unitatea de suprafață

$$k \frac{t_2 - t_1}{x}$$

unde k = conductivitatea metalului

Convecția

Modul în care se transferă energia calorică în lichide și gaze. Dacă un lichid sau un gaz este încălzit, el se dilată și se ridică. Lichidul sau gazul mai dens și mai rece coboară pentru a-i lua locul. Astfel se formează un **curent de convecție**. Figura din dreapta prezintă modul în care curenții de convecție produc briza de coastă pe timpul zilei și reversul pe timpul nopții.

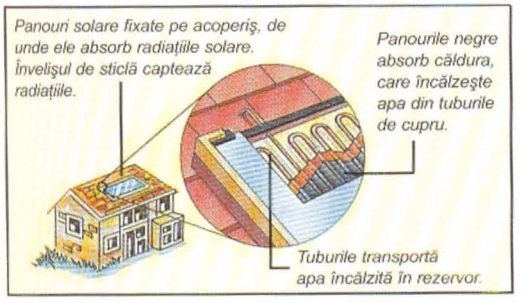


*Electroni, 83; Energie internă, Energie cinetică, 9.

Radiația

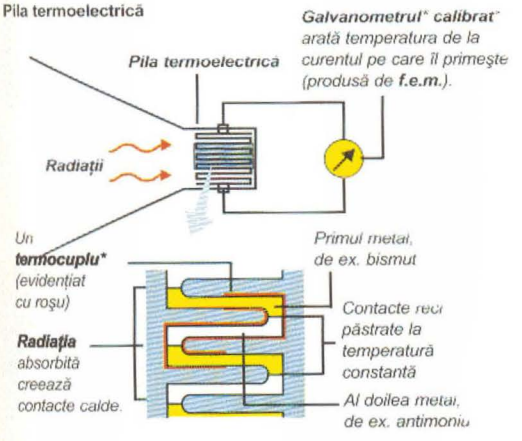
Modul prin care se face transferul de energie calorică dintr-un loc mai cald într-unul mai rece, fără ca **mediul*** să participe la acest proces. Spre deosebire de conducție și de **convecție**, acest proces se poate produce în vid. Termenul de radiație este folosit adesea și pentru denumirea energiei calorice, cunoscută altfel și sub denumirea de **energie calorică radiantă**. Aceasta ia forma **undelor electromagnetice***, mai ales **radiația infraroșie***. Când aceste unde cad pe un corp, o anumită parte a energiei lor este absorbită, crescând **energia internă*** a corpului și deci și temperatura lui. Vezi și **cubul lui Leslie**, dreapta.

Utilizarea radiațiilor ca sursă de apă caldă


Panouri solare fixate pe acoperiș, de unde ele absorb radiațiile solare. Învelișul de sticlă captează radiațiile.
Panourile negre absorb căldura, care încălzește apa din tuburile de cupru.
Tuburile transportă apa încălzită în rezervor.

Pila termoelectrică

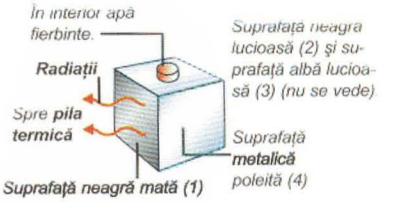
Un instrument pentru măsurarea nivelelor de **radiații**. Este alcătuită din două sau mai multe **termocupluri*** (în mod normal peste 50), unite la ambele capete. Radiațiile cad pe contactele metalice de pe o parte, iar diferența de temperatură dintre contactele calde și cele reci de pe partea cealaltă produce prin pila termoelectrică **f.e.m.***, a cărei mărime indică ce cantitate de radiație este absorbită.


Pila termoelectrică
Galvanometrul* calibrat arată temperatura de la curentul pe care îl primește (produsă de f.e.m.).
Pila termoelectrică
Radiații
Un termocuplu* (evidențiat cu roșu)
Primul metal, de ex. bismut
Radiația absorbită creează contacte calde.
Contacte reci păstrate la temperatură constantă
Al doilea metal, de ex. antimoniu

Cubul lui Leslie

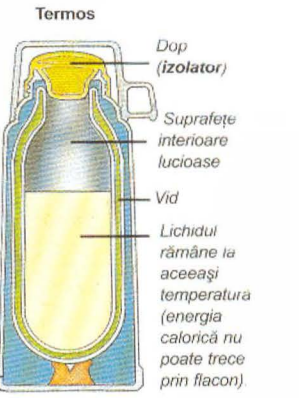
Un cub gol, cu pereți subțiri (**conductor** bun), cu suprafețe exterioare diferite. Se utilizează pentru a arăta capacitatea diferită a suprafețelor de a **emite** și de a absorbi energia. Aceste capacități sunt comparate cu un ideal numit **corp negru**, care absorbe toate radiațiile care cad pe el și este și cel mai bun radiator.

Cubul lui Leslie *folosit la compararea puterii de* ***radiație*** *– cifrele prezintă suprafețele cele mai bune (1) și cele mai rele (4).*


În interior apă fierbinte.
Radiații
Spre pila termică
Suprafață neagră mată (1)
Suprafață neagră lucioasă (2) și suprafață albă lucioasă (3) (nu se vede)
Suprafață metalică poleită (4)

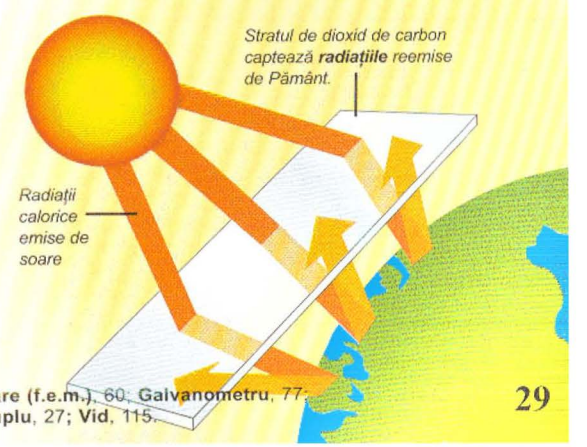
Termosul

Un flacon care păstrează conținutul la temperatură constantă. Este alcătuit dintr-un rezervor de sticlă cu **vid*** între pereții dubli (împiedicând transferul energiei calorice prin **conducție** sau **convecție**) cu suprafețe lucioase (minimalizând transferul prin **radiație**).



Efectul de seră

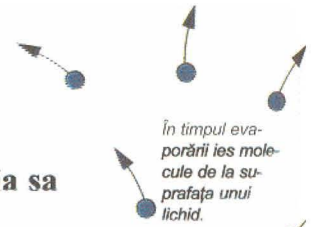
Efectul de încălzire produs când **radiațiile** sunt captate într-o zonă închisă, de exemplu o seră. Corpurile din interior absorb energia solară și emit radiații de energie mai joasă, care nu pot ieși prin sticlă. Dioxidul de carbon din atmosferă formează o barieră similară, iar nivelul său este în creștere, deci Pământul devine din ce în ce mai cald.



*Calibrare, 115; **Unde electromagnetice**, 44; **Forță electromotoare (f.e.m.)**, 60; **Galvanometru**, 77; **Radiație infraroșie**, 45; **Energie internă**, 9; **Mediu**, 115; **Termocuplu**, 27; **Vid**, 115.

EFECTELE TRANSFERULUI DE CĂLDURĂ

Când un corp absoarbe sau emite energie calorică, energia sa internă* creşte sau scade. Aceasta are ca rezultat schimbarea **stării de agregare**.

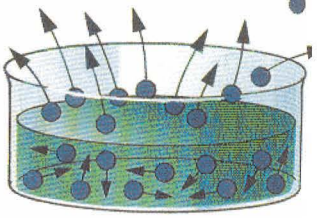


În timpul evaporării ies moleculele de la suprafaţa unui lichid.

Schimbările stării de agregare

Schimbarea **stării de agregare** este modificarea de la o **stare fizică** (solidă, lichidă sau gazoasă) la alta (pentru detalii despre **stările fizice**, vezi pagina 5). Temperatura nu se schimbă în timpul schimbării de stare. De fapt, toată energia primită sau cedată este folosită la crearea sau ruperea legăturilor moleculare.
Aceasta se numeşte **căldură latentă (L)** – vezi graficele de la pagina 31. **Căldura latentă specifică (l)** a unei substanţe este o valoare stabilită, adică energia calorică primită sau cedată de 1kg de substanţă.

Evaporarea
Transformarea unui lichid în vapori prin ieşirea moleculelor de la suprafaţa acestuia. Are loc la toate temperaturile, accelerându-se cu creşterea temperaturii, creşterea ariei de suprafaţă sau scăderea presiunii. De asemenea, se accentuează dacă vaporul este îndepărtat în imediata vecinătate a lichidului, prin aducerea unui curent de aer. **Căldura latentă** (vezi mai sus), necesară pentru evaporare, este preluată tocmai de la lichidul care se răceşte şi, în schimb, răceşte şi mediul înconjurător.



Vaporizarea
Schimbarea stării lichide în stare gazoasă la o temperatură numită **punct de fierbere**. De asemenea, acest termen este folosit mai general pentru orice schimbare care are ca rezultat un gaz sau vapor, adică include **evaporarea** şi **sublimarea**.

Condensarea
Schimbarea de la starea gazoasă sau de vapor la starea lichidă.

Topirea
Schimbarea stării solide în stare lichidă, la o temperatură numită **punct de topire** a solidului.

Solidificarea
Schimbarea stării lichide în stare solidă la **punctul de solidificare** (aceeaşi temperatură ca a **punctului de topire** a solidului).

Sublimarea
Transformarea unei substanţe din stare solidă direct în stare gazoasă sau viceversa, fără a mai trece prin starea lichidă. Iodul şi dioxidul de carbon sunt două substanţe care se **sublimă**.

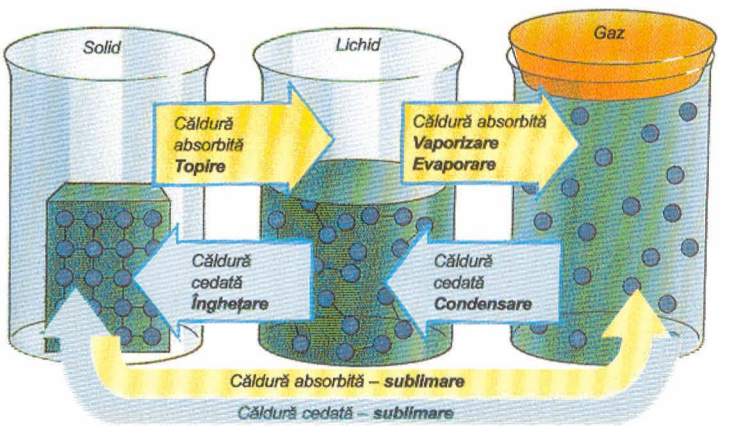
Schimbările stării de agregare
Temperatura rămâne constantă (vezi graficele, pagina 31).

Schimbări datorate încălzirii

*Energia calorică primită, care ar fi ridicat temperatura, este folosită (ca şi **căldură latentă**) la ruperea legăturilor.*

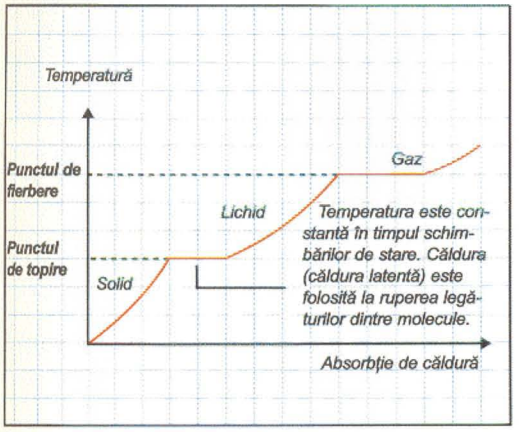
Schimbări datorate răcirii

*Energia calorică ce ar fi trebuit să se emită (**scăzând temperatura**) este utilizată pentru crearea legăturilor între molecule.*

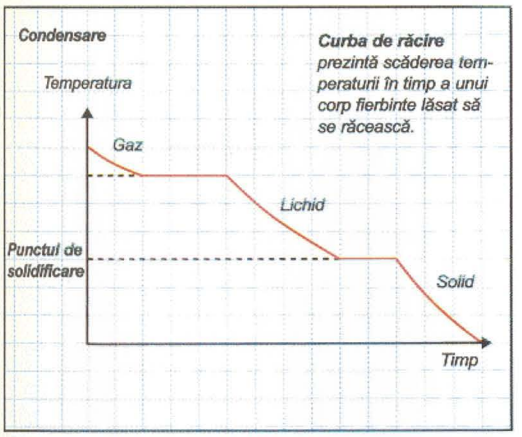


*Energie internă, 9.

Grafice prezentând creşterea temperaturii la absorbţie de căldură



Grafic prezentând scăderea temperaturii la răcirea corpului



Căldura latentă specifică de vaporizare

Energia calorică primită când 1 kg de substanţă se transformă din **stare lichidă** în stare gazoasă la punctul său de fierbere. Este egală cu căldura cedată la reversul procesului.

Căldura latentă de topire

Energia calorică primită când 1 kg de substanţă se transformă din stare solidă în stare lichidă la **punctul său de topire**. Este egală cu căldura cedată la reversul procesului (vezi şi pagina 112).

$Q = ml$	*unde Q = energia calorică cedată sau primită de corp; m = masa; l = **căldura latentă specifică***

Căldura latentă în unităţi SI – J/kg.

Capacitatea calorică (C)

Energia calorică primită sau cedată de către un corp, când temperatura acestuia se modifică cu 1K. Este o proprietate a corpurilor şi depinde de materialul din care sunt fabricate (precum şi de temperatură şi presiune), deci valoarea sa este diferită pentru fiecare corp.

$Q = C\,(t_2 - t_1)$	*unde Q = energia calorică cedată sau primită; C = capacitatea calorică; t_1 şi t_2 = temperatura iniţială, respectiv temperatura finală*

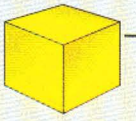
Unitatea SI a **capacităţii calorice** este joul per kelvin (J K^{-1}).*

Capacitatea calorică specifică (c)

Energia calorică primită sau cedată când 1 kg de substanţă îşi modifică temperatura cu 1K. Este proprietatea substanţei, adică este o valoare stabilită pentru fiecare substanţă (deşi aceasta se schimbă cu temperatura şi presiunea) (vezi şi pagina 112).

$Q = mc\,(t_2 - t_1)$	*unde m = masa; c = **capacitatea calorică specifică**; Q, t_1, t_2 ca mai sus*

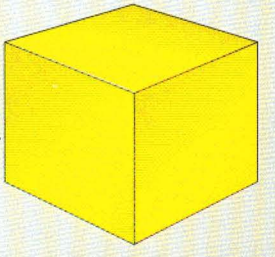
Unitatea SI a **capacităţii calorice specifice** este joule per kg per kelvin (J kg^{-1} K^{-1}).*



*Masa (m) a 2 kg de bronz (**capacitatea calorică specifică** 380 J kg^{-1} K^{-1}) încălzită o perioadă de timp stabilită. Temperatura creşte de la 303K (t_1) la 307K (t_2).*

Q (căldura primită) = 2 × 380 × (307–303) J

Deci Q = 3040 J



Astfel, aceeaşi cantitate de energie calorică primită de 16 kg de bronz ar creşte temperatura cu 0,5K.

Aceeaşi cantitate de energie calorică cedată unei mase de 2 kg de cupru creşte temperatura cu 3,8K.

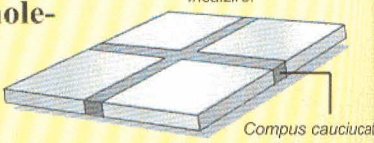
*Deci, capacitatea **calorică specifică a cuprului** este de 400 J kg^{-1} K^{-1}.*

*Unităţi SI, 96.

DILATAREA LA CĂLDURĂ

Majoritatea substanţelor se dilată când sunt încălzite – moleculele lor se mişcă mai repede şi se îndepărtează. Capacitatea de dilatare (**expansiunea**) depinde de **forţele intermoleculare***. La aceeaşi cantitate de căldură aplicată (la presiune constantă), solidele se dilată mai puţin, pentru că moleculele lor sunt mai apropiate unele de altele şi posedă cea mai puternică forţă intermoleculară.

La construirea clădirilor trebuie luată în calcul dilatarea solidelor la încălzire.

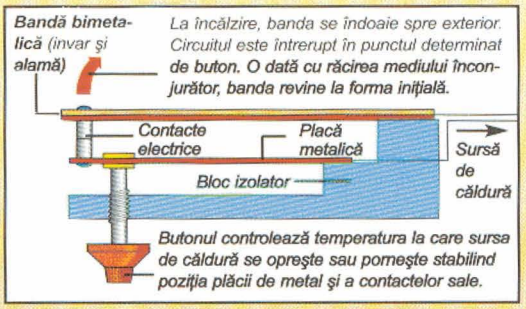


Compus cauciucat pus între pietrele de pavaj

Banda bimetalică

Un dispozitiv care arată dilatarea solidelor la căldură. Este alcătuit din două benzi metalice diferite, unite pe lungimea lor (egală). La încălzire sau răcire, ambele metale se dilată, respectiv se contractă, dar la valori termice diferite, astfel, banda se îndoaie. Acest tip de benzi se folosesc la **termostate**.

Termostat (reglator de temperatură)


Bandă bimetalică (invar şi alamă)
La încălzire, banda se îndoaie spre exterior. Circuitul este întrerupt în punctul determinat de buton. O dată cu răcirea mediului înconjurător, banda revine la forma iniţială.
Contacte electrice
Placă metalică
Sursă de căldură
Bloc izolator
Butonul controlează temperatura la care sursa de căldură se opreşte sau porneşte stabilind poziţia plăcii de metal şi a contactelor sale.

Dilatarea liniară (α)

Variaţia lungimii sale iniţiale cu care un solid se dilată la o creştere a temperaturii cu 1K.

Dilatarea superficială sau de suprafaţă (β)

Variaţia suprafeţei sale iniţiale cu care un solid se dilată la o creştere de temperatură cu 1K.

Pentru solide sau lichide:

$$\text{Dilatarea (liniară, superficială sau în volum)} = \frac{\text{modificarea în (lungime, suprafaţă sau volum)}}{\text{(lungime, suprafaţă sau volum) iniţial} \times \text{creşterea temperaturii}}$$

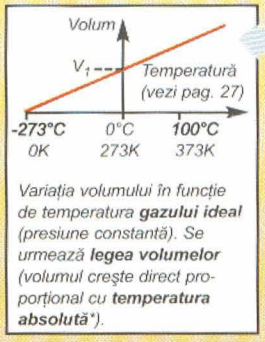
*Reţineţi că singura valoare relevantă pentru lichide este **dilatarea în volum**. Ea poate fi **reală** sau **aparentă** (vezi dreapta) şi la fel este şi schimbarea volumului din formulă.*

Pentru gaze:

$$\text{Dilatarea în volum} = \frac{\text{schimbarea volumului la presiune constantă}}{\text{volum la 0°C (273K)} \quad \text{creşterea temperaturii}}$$

Dilatarea cubică sau de volum (γ)

Variaţia volumului iniţial, prin care un solid se dilată la o creştere de temperatură cu 1K. Când se presupune că se comportă ca **gazele ideale**, are aceeaşi valoare pentru toate gazele (la presiune constantă). Deoarece gazele se dilată foarte mult, volumul iniţial este considerat întotdeauna la 0°C, astfel încât să se poată face comparaţii potrivite (nu este necesar la solide sau lichide, deoarece variaţiile sunt mici).



*Variaţia volumului în funcţie de temperatura **gazului ideal** (presiune constantă). Se urmează **legea volumelor** (volumul creşte direct proporţional cu **temperatura absolută***).

De la volumul zero până la un volum la 0°C (V1), există 273 de grade de temperatură.

Graficul creşte proporţional, deci pentru fiecare grade (kelvin), volumul de gaz creşte cu $^1/_{273}$ din volumul V1.

*Deci, pentru un **gaz ideal**:*

$$\text{Dilataţia cubică} = \frac{1}{273}\ K^{-1}$$

Dilatarea în volum absolută sau reală

Variaţia volumului cu care un lichid se dilată la o creştere de temperatură de 1K.

Dilatarea în volum aparentă

Variaţia volumului cu care se dilată aparent un lichid la o creştere de temperatură de 1K. De fapt, căldura absorbită produce şi o uşoară dilatare a vasului care conţine lichidul, deci calculele nu mai sunt valabile.

Dilatarea anormală

Fenomenul în care unele lichide, în loc să se dilate la o anumită creştere de temperatură, se contractă (de ex. apa între 0°C şi 4°C).

*Scara temperaturii absolute, 27; Forţe intermoleculare, 7.

Studiul gazelor

Toate gazele se comportă în mod asemănător şi există câteva **legi ale gazelor** care descriu comportarea lor (vezi jos şi dreapta). **Gazul ideal** este un gaz teoretic care, prin definiţie, se supune cu exactitate **legii lui Boyle**, la toate temperaturile şi presiunile, dar se supune şi celorlalte două legi.

Când gazele reale se găsesc la temperaturi şi presiuni normale, ele prezintă cu aproximaţie gazului ideal (cu cât temperatura este mai ridicată şi presiunea mai scăzută, cu atât aproximarea este mai corectă), deci legile se pot aplica generalizat.

Legea lui Boyle

Volumul unei mase de gaz date, la o temperatură constantă, variază invers proporţional cu presiunea. De exemplu, dacă presiunea asupra gazului creşte, volumul descreşte proporţional – moleculele se apropie unele de altele. Reţineţi că presiunea exercitată de gaz creşte (moleculele lovesc pereţii vasului mai frecvent).

Legea lui Boyle

$$V \propto \frac{1}{P} \text{ sau } PV = \text{constant}$$

Legendă

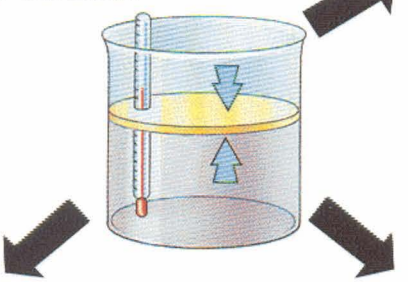
P = presiune

V = volum

T = temperatura **absolută***

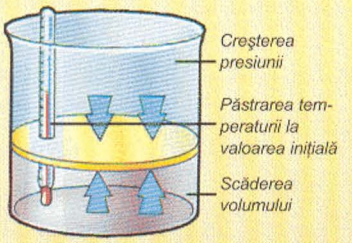
R = **constanta gazului ideal***

Gaz la temperatură, presiune şi volum constant



Ecuaţia gazului ideal*, ecuaţia generală a gazelor** sau **ecuaţia de stare** face legătura dintre temperatură, presiune şi volum. Pentru un **mol de gaz:

$$\frac{PV}{T} = R \text{ sau } PV = RT$$



Legea presiunii

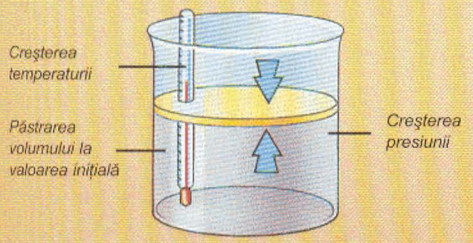
Presiunea unei mase de gaz date, cu un volum constant, variază direct proporţional cu **temperatura absolută***. De exemplu, dacă temperatura creşte, dar volumul este constant, presiunea din gaz creşte proporţional – moleculele se mişcă mai rapid şi lovesc mai frecvent pereţii conţinătorului. Reţineţi că pentru a menţine volumul constant, presiunea exercitată asupra gazului trebuie să crească.

Legea volumelor

Volumul unei mase de gaz date, la o presiune constantă, variază direct proporţional cu **temperatura absolută***. De exemplu, dacă temperatura creşte şi se păstrează aceeaşi presiune, volumul creşte direct proporţional (conţinător expandabil) – moleculele se despart mai mult şi mai rapid. Reţineţi că presiunea exercitată de gaz rămâne constantă (moleculele lovesc pereţii cu aceeaşi frecvenţă – au spaţiu mai mult, dar energie mai mare).

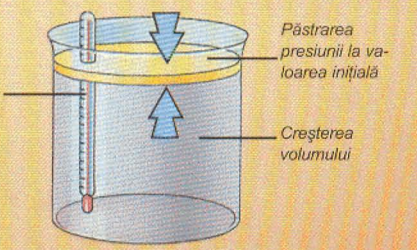
Legea presiunii

$$P \propto T \text{ sau } \frac{P}{T} = \text{constant}$$



Legea volumelor

$$V \propto T \text{ sau } \frac{V}{T} = \text{constant}$$

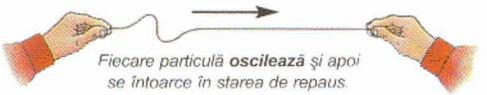


***Scara temperaturii absolute**, 27; **Constanta gazelor**, 113; **Mol**, 96.

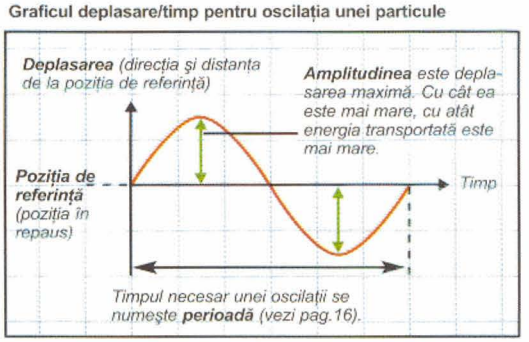
UNDELE

Toate undele transportă energia fără să deplaseze punctele **mediului*** prin care se propagă. De asemenea, ele se mai numesc unde **progresive**, deoarece energia se propagă de la o sursă la punctele înconjurătoare (vezi şi **unda staţionară**, pag. 43). Există două tipuri principale – **unde mecanice**, cum sunt undele acustice, şi **unde electromagnetice** (vezi pag. 44). În toate cazurile, propagarea undelor este o **mişcare periodică** – (vezi pag. 16) sub forma oscilaţiilor – modificări periodice între două extreme. În cazul undelor mecanice, particulele (moleculele) sunt cele care **oscilează**, iar în cazul undelor electromagnetice, câmpul electric şi cel magnetic.

Unda mecanică (unda transversală) se propagă prin fir.



Graficul deplasare/timp pentru oscilaţia unei particule


Deplasarea (direcţia şi distanţa de la poziţia de referinţă)
Amplitudinea este deplasarea maximă. Cu cât ea este mai mare, cu atât energia transportată este mai mare.
Poziţia de referinţă (poziţia în repaus)
Timp
Timpul necesar unei oscilaţii se numeşte **perioadă** (vezi pag.16).

Unde transversale

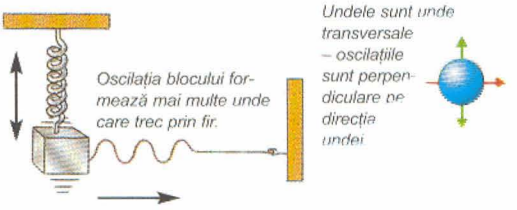
Undele ale căror oscilaţii sunt perpendiculare pe direcţia propagării energiei (unda), de exemplu undele de apă (oscilaţia particulelor) şi toate **undele electromagnetice*** (oscilaţia câmpurilor – vezi introducerea).

Ventre şi maxime

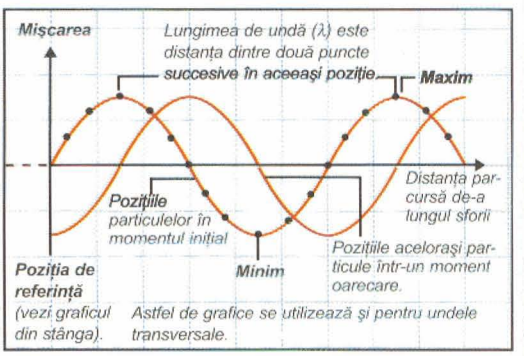
Punctele în care undele produc deplasarea pozitivă maximă a punctelor **mediului***. Propagarea unor unde este vizibilă (undele de apă).

Ventre şi minime

Punctele în care undele produc deplasarea negativă maximă a punctelor **mediului***. Minimele unor unde sunt vizibile, de exemplu, în mişcarea undelor de apă.

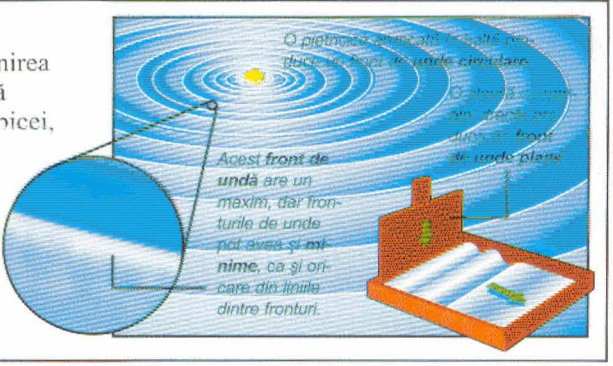

Oscilaţia blocului formează mai multe unde care trec prin fir.
Undele sunt unde transversale – oscilaţiile sunt perpendiculare pe direcţia undei

Graficul deplasare/distanţă pentru particulele dintr-o secţiune în fir, în două momente fixe


Mişcarea
Lungimea de undă (λ) este distanţa dintre două puncte succesive în aceeaşi poziţie.
Maxim
Poziţiile particulelor în momentul iniţial
Minim
Distanţa parcursă de-a lungul sforii
Poziţiile aceloraşi particule într-un moment oarecare.
Poziţia de referinţă (vezi graficul din stânga).
Astfel de grafice se utilizează şi pentru undele transversale.

Fronturi de unde

Orice linie sau suprafaţă obţinută prin unirea tuturor punctelor atinse de oscilaţie după acelaşi timp de propagare. De obicei, fronturile de unde formează unghi drept cu direcţia de propagare a undelor şi pot lua orice formă, de exemplu fronturi de **unde circulare** sau **plane**.

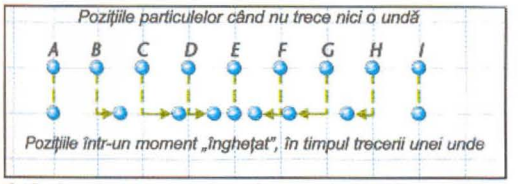

O picătură cade în apă şi formează unde circulare.
*Acest **front de undă** are un maxim, dar fronturile de unde pot avea şi minime, ca şi oricare din liniile dintre fronturi.*
front de unde plane

*Unde electromagnetice, 44; Mediu, 115.

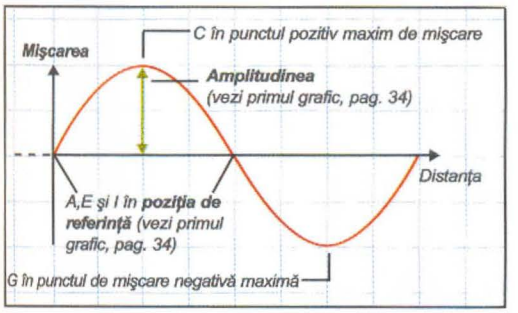
Undele longitudinale

Undele în care oscilațiile se produc de-a lungul direcției de propagare a undei, de exemplu undele sonore. Ele sunt **unde mecanice** (vezi introducerea), adică particulele sunt cele care oscilează.

*În **undele longitudinale**, particulele oscilează de-a lungul direcției undei.*


Pozițiile particulelor când nu trece nici o undă
A B C D E F G H I
Pozițiile într-un moment „înghețat", în timpul trecerii unei unde

Graficul particulelor de mai sus într-un moment „înghețat"
În acest caz, graficul nu este reprezentarea undei (vezi al doilea grafic, pagina 34).


Mișcarea
C în punctul pozitiv maxim de mișcare
Amplitudinea
(vezi primul grafic, pag. 34)
Distanța
A,E și I în poziția de referință (vezi primul grafic, pag. 34)
G în punctul de mișcare negativă maximă

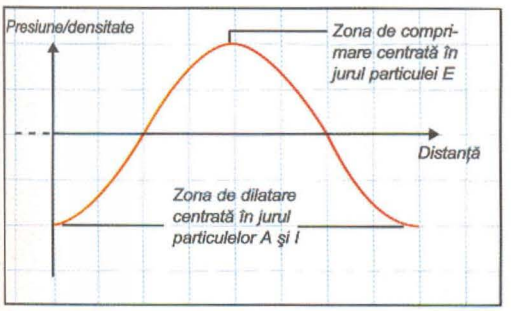
Comprimările

Regiuni din **unda longitudinală**, unde presiunea și densitatea moleculelor sunt mai mari decât atunci când nu se propagă nici o undă.

Dilatările

Regiuni din **unda longitudinală**, unde presiunea și densitatea moleculelor sunt mai mici decât atunci când nu se propagă nici o undă.

Graficul presiunii sau densității și distanței pentru o undă longitudinală prezintă comprimările și dilatările.


Presiune/densitate
Zona de comprimare centrată în jurul particulei E
Distanță
Zona de dilatare centrată în jurul particulelor A și I

Viteza de propagare a undei

Distanța parcursă de undă într-o secundă. Depinde de **mediul*** prin care se propagă unda.

$$\text{Viteza de propagare} = \frac{\text{distanța parcursă de undă}}{\text{timp}}$$

$$= \frac{\text{numărul de unde printr-un punct} \times \textbf{lungimea de undă}}{\text{timp}}$$

$$= \text{frecvența} \times \textbf{lungimea de undă}$$

Deci:

$$v = f\lambda$$

unde v = **viteza de propagare**
f = **frecvența**; λ = **lungimea de undă.**

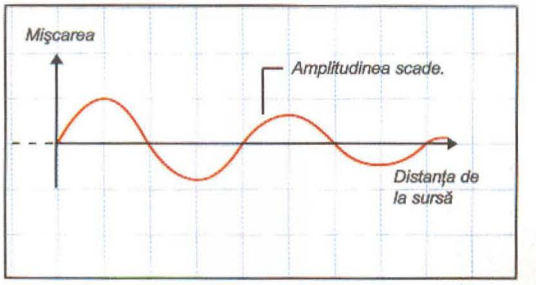
Frecvența (f)

Numărul de oscilații care au loc într-o secundă, când undele se propagă printr-un punct dat (vezi și pag.16). Este egală cu numărul de **lungimi de undă** (vezi al doilea grafic, pag. 34) pe secundă.

Atenuarea

Scăderea treptată a **amplitudinii** unei unde când aceasta se propagă printr-o substanță și pierde energie. Amplitudinile oscilațiilor care au loc după traversarea substanței sunt mai mici decât cele apropiate de sursă. Acest lucru se poate concepe ca o **frânare*** globală.

Grafic prezentând o undă atenuată



Intensitatea undei

Caracterizează energia transportată de o undă. A fost calculată ca fiind cantitatea de energie care cade asupra unității de suprafață într-o secundă. Depinde de **frecvența** și **amplitudinea** undei, precum și de **viteza de propagare**.

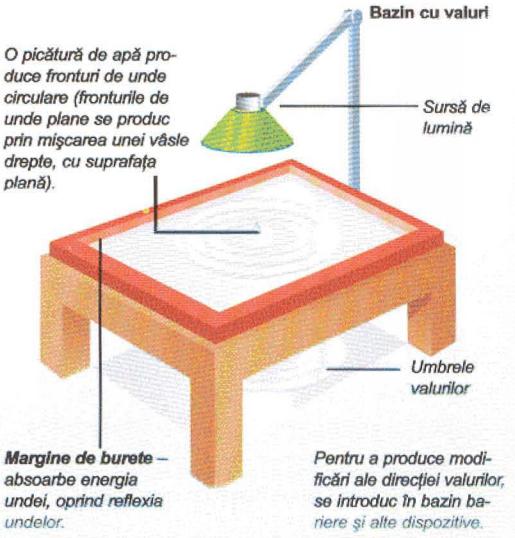
*Frânare, 16; **Mediu**, 115.

REFLEXIA, REFRACȚIA ȘI DIFRACȚIA

Un obstacol sau o schimbare a **mediului*** fac ca unda să treacă prin **reflexie**, **refracție** sau **difracție**. Acestea sunt schimbări în direcția undei și adesea au ca rezultat schimbarea formei **fronturilor de unde***. Pentru mai multe informații despre reflexia și refracția luminii, vezi paginile 47-53.

Bazinul cu valuri

Un bazin de apă folosit pentru demonstrarea proprietăților undelor de apă (vezi dreapta).


Bazin cu valuri
O picătură de apă produce fronturi de unde circulare (fronturile de unde plane se produc prin mișcarea unei vâsle drepte, cu suprafața plană).
Sursă de lumină
Umbrele valurilor
Margine de burete – absoarbe energia undei, oprind reflexia undelor.
Pentru a produce modificări ale direcției valurilor, se introduc în bazin bariere și alte dispozitive.

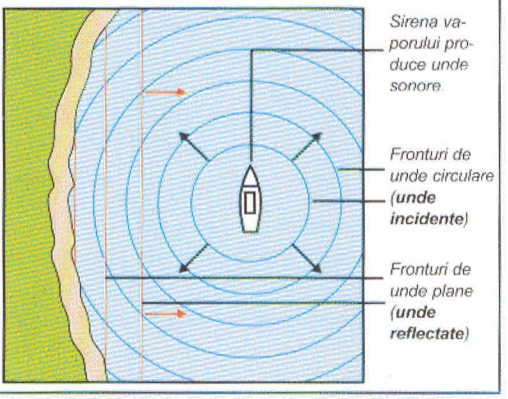
Reflexia

Schimbarea direcției unei unde, datorită întâlnirii ei cu suprafața de separare a două **medii***. Unda care a suferit o reflexie se numește **undă reflectată**. Forma fronturilor de undă depinde de fronturile de **unde incidente** și de forma suprafeței de separare. Pentru mai multe informații despre reflexia undelor luminoase, vezi paginile 47-49.

Unda incidentă

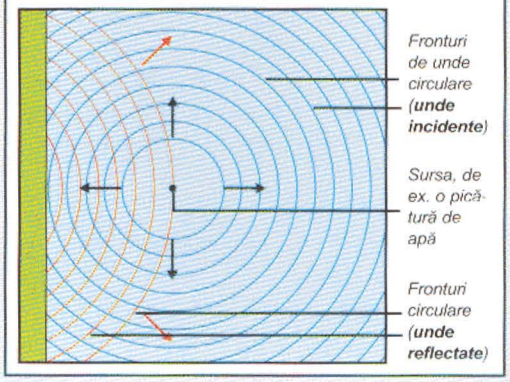
Unda care se propagă spre suprafața de separare dintre două **medii***. Fronturile ei de unde se numesc fronturi de **unde incidente**.

Fronturile de unde circulare ce lovesc o suprafață de separare concavă produc fronturi de unde plane.

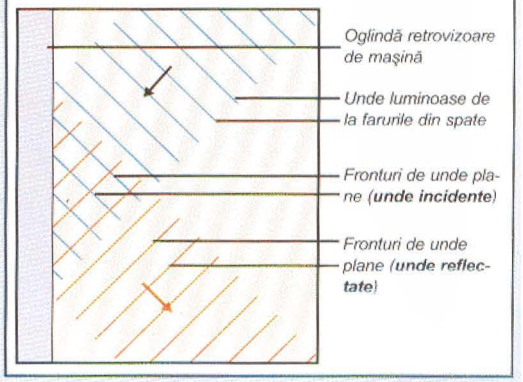

Sirena vaporului produce unde sonore.
Fronturi de unde circulare (unde incidente)
Fronturi de unde plane (unde reflectate)

Exemple de forme de unde reflectate

Fronturile de unde circulare care lovesc o suprafață de separare plană produc fronturi de unde circulare.



Fronturile de unde plane care lovesc o suprafață de separare plană produc fronturi de unde plane.

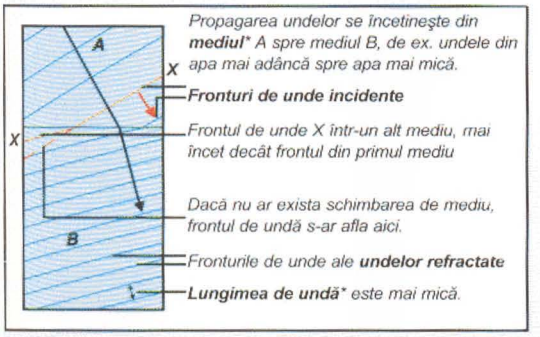

Oglindă retrovizoare de mașină
Unde luminoase de la farurile din spate
Fronturi de unde plane (unde incidente)
Fronturi de unde plane (unde reflectate)

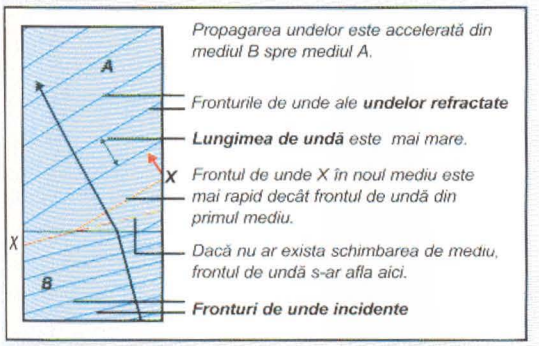
*Mediu, 115; Front de undă, 34.

Refracția

Schimbarea direcției unei unde când aceasta trece într-un alt **mediu*** care o face să se propage cu o viteză diferită. Unda care a suferit o refracție se numește **undă refractată**. O dată cu schimbarea vitezei de propagare, **lungimea de undă*** crește sau scade, dar **frecvența*** ei nu se modifică.
Pentru mai multe informații despre refracția undei luminoase, vezi paginile 50-53.

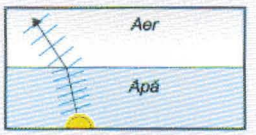
Exemple de refracție a undelor într-un bazin cu valuri, când acestea se propagă într-un alt mediu.


A
X
X
B
Propagarea undelor se încetinește din **mediul*** A spre mediul B, de ex. undele din apa mai adâncă spre apa mai mică.
Fronturi de unde incidente
Frontul de unde X într-un alt mediu, mai încet decât frontul din primul mediu
Dacă nu ar exista schimbarea de mediu, frontul de undă s-ar afla aici.
Fronturile de unde ale **undelor refractate**
Lungimea de undă* este mai mică.


A
X
X
B
Propagarea undelor este accelerată din mediul B spre mediul A.
Fronturile de unde ale **undelor refractate**
Lungimea de undă este mai mare.
Frontul de unde X în noul mediu este mai rapid decât frontul de undă din primul mediu.
Dacă nu ar exista schimbarea de mediu, frontul de undă s-ar afla aici.
Fronturi de unde incidente

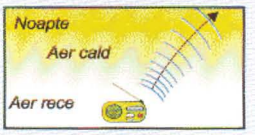
Alte exemple:

Undele încetinesc la intrarea într-un mediu mai dens.



Ele se accelerează la intrarea într-un mediu mai puțin dens.

Undele sonore încetinesc la intrarea într-un mediu mai rece (mai rece înseamnă mai dens).



Ele se mișcă accelerat la intrarea într-un mediu mai cald (mai cald înseamnă mai puțin dens).

Indicele de refracție (n)

Un număr care indică puterea de refracție a unui **mediu*** dat în raport cu un alt mediu. Se obține prin raportul dintre viteza **undei incidente** din primul mediu și viteza **undei refractate** din mediul dat (se folosesc numere subscrise – vezi formula).
Indicele de refracție absolut al unui mediu îl reprezintă viteza luminii în vid (sau, în general, în aer), împărțită la viteza luminii în acel mediu[1].

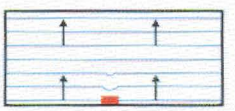
$$ {}_1n_2 = \frac{v_1}{v_2} $$ unde v_1, v_2 = vitezele în primul și al doilea **mediu***.

*Aceasta reprezintă **indicele de refracție** al **mediului*** 2 în raport cu mediul 1.

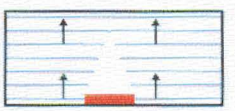
Difracția

Fenomenul de ocolire aparentă care are loc când o undă întâlnește un obstacol sau trece printr-o deschidere. Acest lucru depinde de mărimea obstacolului sau a deschiderii de mărime comparabilă cu **lungimea de undă***. Cu cât obstacolul sau deschiderea sunt mai mici, cu atât unda se difractă mai mult.

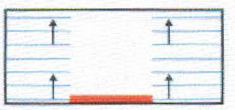
Difracția undelor (unde sonore) în jurul obstacolului



*Obstacol mic în comparație cu **lungimea de undă*** (lungimea de undă a sunetului este de aproximativ 2 m) – difracție pronunțată.*

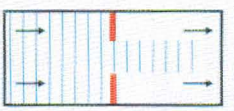


Obstacol de mărimea lungimii de undă – difracție, deci se formează „umbră", adică zonă prin care nu trec undele.

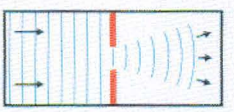


Obstacol mare în comparație cu lungimea de undă – aproape că nu există difracție, deci se formează „umbră" mare.

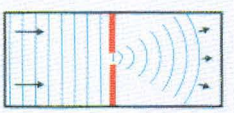
Difracția undelor de apă printr-o deschidere



*Deschidere largă în comparație cu **lungimea de undă*** – difracție mică*



Deschidere de mărimea lungimii de undă – puțină difracție



Deschidere îngustă – difracție pronunțată

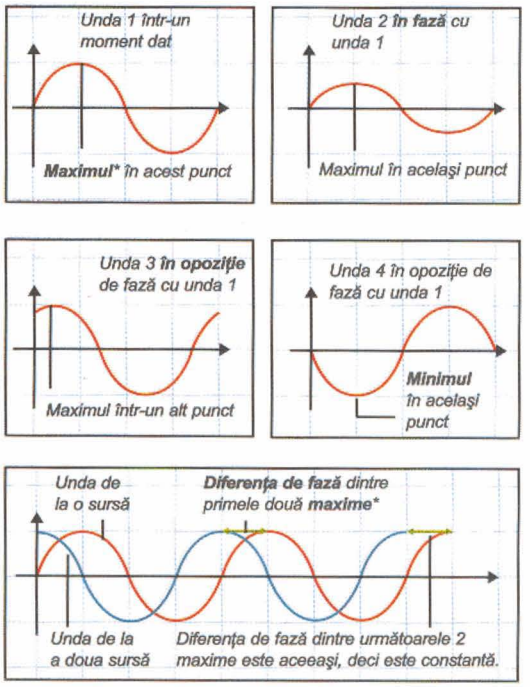
*Frecvență, 35; **Mediu**, 115; **Lungime de undă**, 34.
[1]Pentru mai multe informații despre **indicele de refracție** și lumină, vezi pagina 50.

INTERFERENȚA UNDELOR

Când două sau mai multe unde se propagă în aceeași direcție sau în direcții diferite într-un mediu dat, în punctele de întâlnire au loc variații în mărimea perturbării rezultate (vezi **principiul suprapunerii sau al superpoziției**). Acest efect se numește **interferență**. Pentru demonstrarea interferenței, de ex. într-un **bazin cu valuri***, se utilizează întotdeauna **unde coerente**, adică unde cu aceeași lungime de undă și frecvență și în fază sau cu **diferență de fază** constantă (vezi **faza**). Astfel se asigură faptul că interferența produce un model de **interferență de perturbare** regulat și identificabil (vezi imagine, pag. 39). Folosirea undelor noncoerente ar avea ca rezultat doar unde nestaționare.

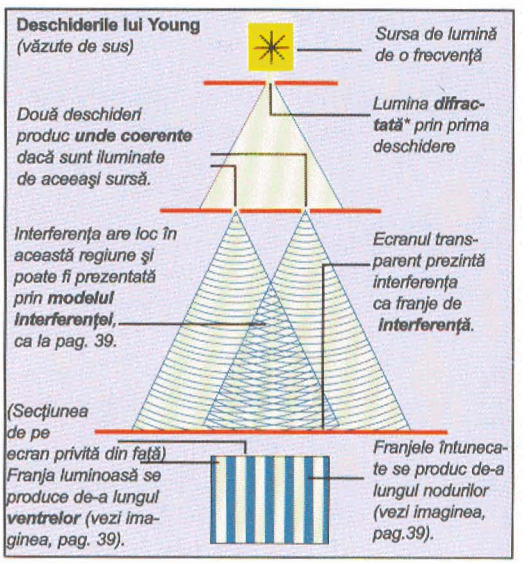
Faza

Două unde sunt **în fază** dacă au aceeași frecvență și dacă, în același moment, punctele lor corespunzătoare se află în același loc în timpul oscilațiilor lor (de exemplu ambele la **maxim***). Sunt în opoziție de fază dacă nu se întâmplă așa și mișcările lor sunt exact opuse (exemplu **un maxim** și **un minim***). **Diferența de fază** dintre două unde este calculată ca unghiul dintre un punct al unei unde aflat în fața sau după punctul corespunzător de pe cealaltă undă. Diferența de fază a undei în opoziție de fază este de 180°; pentru undele în fază este 0°.


Unda 1 într-un moment dat
Maximul* în acest punct
Unda 2 în fază cu unda 1
Maximul în același punct
Unda 3 în opoziție de fază cu unda 1
Maximul într-un alt punct
Unda 4 în opoziție de fază cu unda 1
Minimul în același punct
Unda de la o sursă
Diferența de fază dintre primele două maxime*
Unda de la a doua sursă
Diferența de fază dintre următoarele 2 maxime este aceeași, deci este constantă.

Deschiderile lui Young

O succesiune de deschideri înguste, paralele, folosite pentru crearea a două izvoare de lumină **coerentă** (vezi introducerea). Undele luminoase coerente nu pot fi produse (pentru studiul interferenței) la fel de ușor ca și celelalte unde coerente, deoarece emisia de unde luminoase este, de obicei, întâmplătoare. Interferența luminii **difractate*** prin deschideri este văzută pe ecran ca niște benzi luminoase și întunecate numite **franje de interferență**.


Deschiderile lui Young (văzute de sus)
Sursa de lumină de o frecvență
Două deschideri produc unde coerente dacă sunt iluminate de aceeași sursă.
Lumina difractată* prin prima deschidere
Interferența are loc în această regiune și poate fi prezentată prin modelul interferenței, ca la pag. 39.
Ecranul transparent prezintă interferența ca franje de interferență.
(Secțiunea de pe ecran privită din față) Franja luminoasă se produce de-a lungul ventrelor (vezi imaginea, pag. 39).
Franjele întunecate se produc de-a lungul nodurilor (vezi imaginea, pag.39).

Principiul suprapunerii

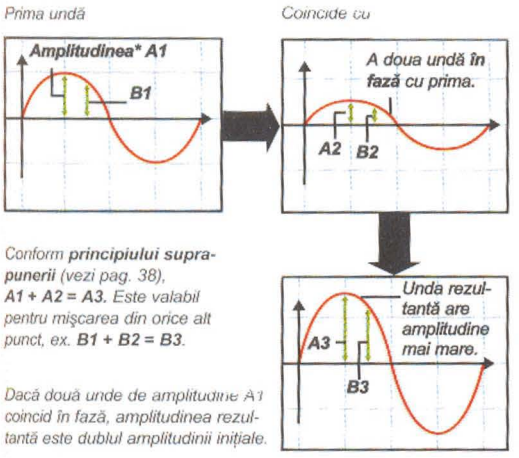
Dacă într-un punct se produce **suprapunerea** a două sau mai multe unde (ceea ce înseamnă că două sau mai multe unde se unesc), mișcarea rezultată este egală cu suma mișcărilor (pozitive sau negative) fiecărei unde în parte.

*Maxime, 34; Difracție, 37; Bazin de valuri, 36; Minime, 34.

Interferența cu caracter constructiv

Creșterea amplitudinii (întărirea) care rezultă din **suprapunerea** a două sau mai multe unde care sunt **în fază** (vezi **faza**).

Interferența constructivă



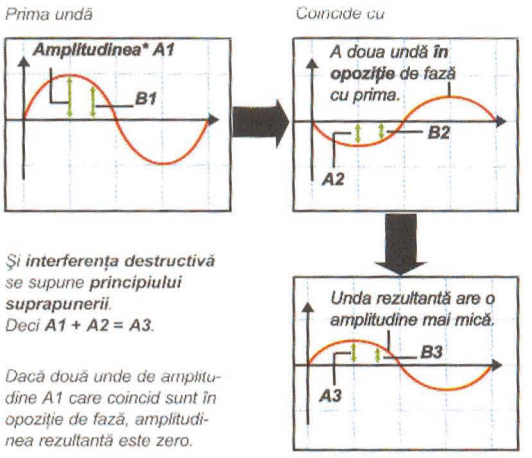
*Conform **principiului suprapunerii** (vezi pag. 38), **A1 + A2 = A3**. Este valabil pentru mișcarea din orice alt punct, ex. **B1 + B2 = B3**.*

Dacă două unde de amplitudine A1 coincid în fază, amplitudinea rezultantă este dublul amplitudinii inițiale.

Interferența cu caracter destructiv

Scăderea amplitudinii care rezultă din suprapunerea a două unde care sunt în **opoziție de fază**.

Interferența destructivă



*Și **interferența destructivă** se supune **principiului suprapunerii**. Deci **A1 + A2 = A3**.*

Dacă două unde de amplitudine A1 care coincid sunt în opoziție de fază, amplitudinea rezultantă este zero.

Noduri sau puncte nodale

Punctele în care interferența destructivă are loc încontinuu și care sunt puncte de minimă perturbare, adică puncte în care un **maxim*** întâlnește **un minim*** sau **comprimarea*** se suprapune cu **dilatarea***. Linia **nodală** este **linia** care constă în întregime din noduri. În funcție de unde, liniile nodale pot indica, de pildă, apele liniștite, sunetele slabe sau întunericul (vezi imaginea **deschiderilor lui Young**, pag. 38).

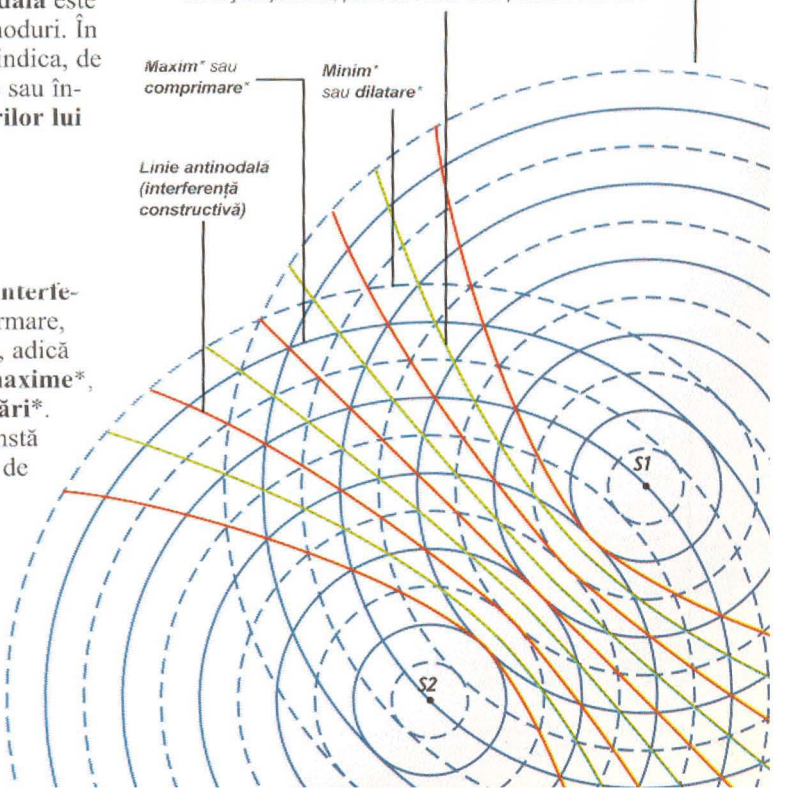
Ventrele sau punctele antinodale

Puncte în care are loc încontinuu **interferența constructivă** și care, prin urmare, sunt puncte de maximă perturbare, adică puncte în care se întâlnesc două **maxime***, **minime***, **comprimări*** sau **dilatări***. Linia antinodală este linia care constă în întregime din ventre. În funcție de unde, liniile antinodale pot indica de exemplu zone cu ape tulburi, sunete puternice sau lumină strălucitoare (vezi imaginea **deschiderilor lui Young**).

Modelul interferenței într-un moment fix
(nu sunt prezentate toate liniile antinodale/nodale).

*Două surse (**S1** și **S2**) produc **unde coerente**, în acest caz, **în fază**.*

***Linie nodală (interferență destructivă).** Dacă undele au aceeași amplitudine, perturbarea din toate punctele este zero.*



*Amplitudine, 34; Comprimări, 35; Maxime, 34; Dilatări, 35; Minime, 34.

UNDELE SONORE

*Liliecii emit un **ultrasonice** pe localizarea obiectelor.*

Undele sonore, numite şi **unde acustice**, sunt **unde longitudinale***, unde formate din particule care oscilează de-a lungul direcţiei care coincide cu direcţia de propagare, creându-se astfel zone de înaltă sau joasă presiune (**comprimări*** sau **dilatări***). Ele se pot propaga prin medii solide, lichide sau gaze şi au limite mari de **frecvenţă***. Urechea umană le percepe pe cele cu frecvenţa cuprinsă între 20 şi 20.000 de **Hertz***(**limita sonică**) şi tot acestea sunt cele la care se face referire când se vorbeşte despre sunet (pentru mai multe informaţii privind perceperea sunetului, vezi paginile 42-43). Celelalte unde cu frecvenţe mai înalte sau mai joase sunt numite **ultrasunete** şi **infrasunete**. Cu studiul undelor sonore se ocupă **acustica**.

Ultrasunetul

Sunetul format din **unde ultrasonice** – unde cu **frecvenţe*** peste limita de percepţie a urechii umane, adică peste 20.000 de **Hertz***. Ultrasunetul are o mulţime de utilizări.

***Ultrasunetul** se foloseşte în **scanarea ultrasonică** a corpului uman (utilizează **ecouri** – vezi pagina 41).*

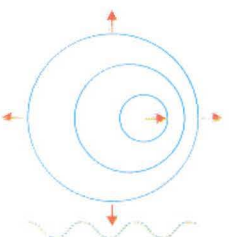
*Osul, grăsimea şi muşchii reflectă diferit **undele ultrasonice**. Undele reflectate (**ecouri**), de ex. cele ale unui făt, sunt convertite în impulsuri electrice care formează o imagine (**scanare**) pe ecran.*

Infrasunetul

Sunetul format din **unde infrasonice** – unde cu **frecvenţe*** sub limita percepţiei umane, adică sub 20 **Hertz***. În prezent, undele infrasonore au puţine utilizări tehnice, deoarece produc senzaţie de disconfort la oameni.

Boom sonic

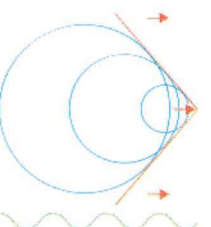
Zgomotul puternic auzit când **unda de şoc** produsă de un avion care se deplasează cu **viteză supersonică** trece pe lângă un ascultător.



*Când avionul A se deplasează înainte, acesta creează în aer **unde longitudinale***, adică zone de înaltă şi joasă presiune (**comprimări*** şi **dilatări***).*

Fronturile de unde *se pot „îndepărta" de avion şi încep să se disperseze.*

Ascultătorul din punctul X va auzi undele ca sunete (un „vuiet" de aer – precum şi sunetul distinct al motoarelor).



*Avionul **supersonic** (A) îşi ajunge din urmă fronturile de unde în timp ce creează altele, astfel încât ele se suprapun.*

*Se creează o presiune mare (**unde de şoc**), care este împinsă înaintea avionului şi poate fi „îndepărtată". Este asemănătoare cu unda curblinie a unui vas (dacă vasul se deplasează mai repede decât undele de apă pe care le creează).*

*Ascultătorul din punctul X va auzi unda c pe un **boom sonic** neaşteptat, puternic.*

Studiul undelor sonore

Viteza sunetului

Viteza de deplasare a sunetului depinde de natura şi temperatura **mediului*** prin care se propagă undele sonore. Viteza undelor sonore care se propagă prin aerul uscat la 0°C este de 331 m s^{-1}, dar, o dată cu creşterea temperaturii aerului, creşte şi viteza sau, cu scăderea temperaturii aerului, ea scade.

Viteza subsonică

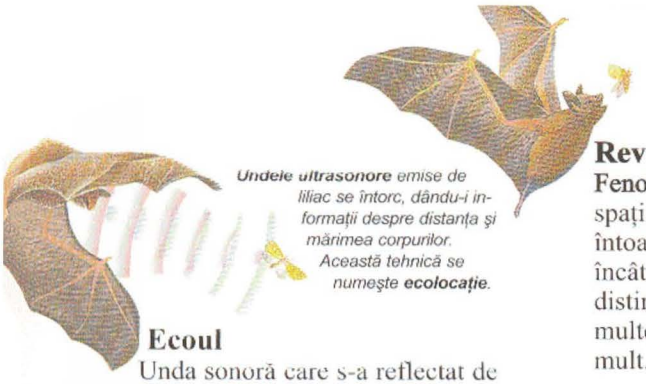
Viteza mai mică decât **viteza sunetului** într-un **mediu*** şi în aceleaşi condiţii.

Viteza supersonică

Viteza mai mare decât **viteza sunetului** într-un **mediu*** şi în aceleaşi condiţii.

Avion de persoane supersonic

*Comprimări, Frecvenţă, 35; Hertz, 16 (Frecvenţă); Unde longitudinale, 35; Mediu, 115; Dilatări, 35; Fronturi de unde, 34.

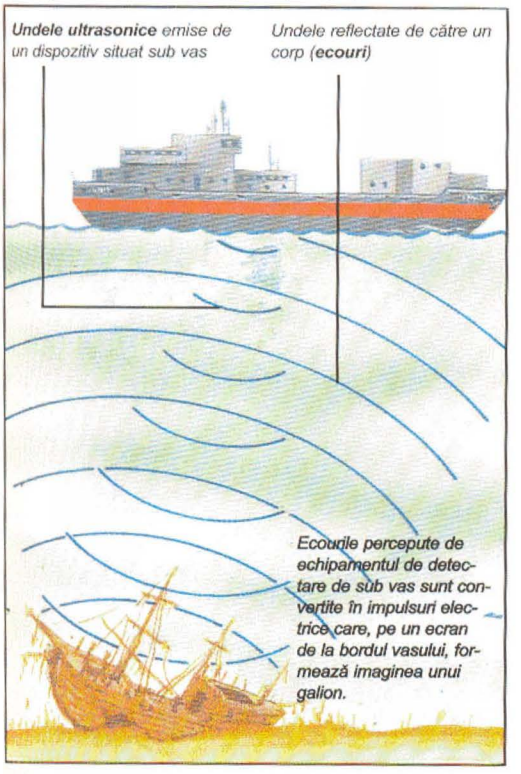


Undele ultrasonore emise de liliac se întorc, dându-i informații despre distanța și mărimea corpurilor. Această tehnică se numește **ecolocație**.

Ecoul

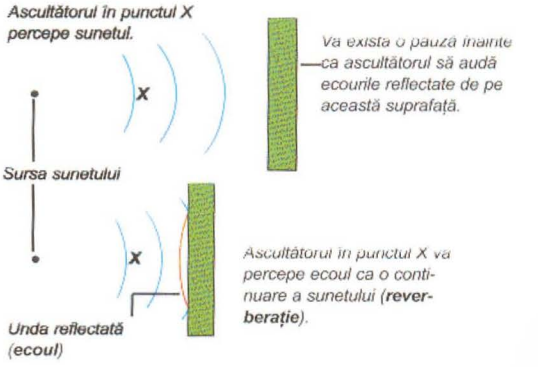
Unda sonoră care s-a reflectat de pe o suprafață și se percepe după sunetul original. Ecourile – de obicei cele ale **undelor ultrasonore** – sunt adesea utilizate la localizarea corpurilor și la determinarea poziției lor exacte (prin măsurarea duratei de reîntoarcere la sursă a ecoului). Această tehnică are numeroase denumiri, cu toate că diferențele dintre ele sunt nesemnificative. Un exemplu este **scanarea ultrasonoră**. Altele ar fi sonda cu **ecouri** și **sonarul**, ambele având utilizări marine (sonda cu ecouri se referă la utilizarea ecoului pentru măsurarea adâncimii apei de sub vas, iar sonarul folosește ecourile pentru detectarea corpurilor aflate sub apă). **Ecolocația** descrie modul prin care animalele utilizează ecouri pentru găsirea prăzii sau pentru evitarea obstacolelor în întuneric).

Sonar (derivă de la **so**und **na**vigation și **r**anging)


Undele ultrasonice emise de un dispozitiv situat sub vas
Undele reflectate de către un corp (ecouri)
Ecourile percepute de echipamentul de detectare de sub vas sunt convertite în impulsuri electrice care, pe un ecran de la bordul vasului, formează imaginea unui galion.

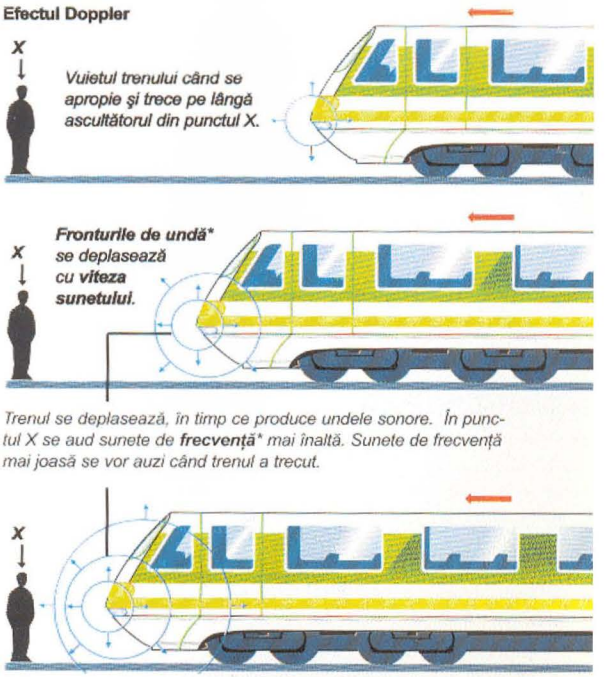
Reverberația

Fenomenul de persistență a unui sunet într-un spațiu închis. Are loc atunci când durata întoarcerii **ecoului** la sursă este atât de scurtă încât undele inițiale și cele reflectate nu se pot distinge. Dacă unda se reflectă de pe mai multe suprafețe, sunetul se intensifică mai mult.


Ascultătorul în punctul X percepe sunetul.
X
Va exista o pauză înainte ca ascultătorul să audă ecourile reflectate de pe această suprafață.
Sursa sunetului
X
*Ascultătorul în punctul X va percepe ecoul ca o continuare a sunetului (**reverberație**).*
Unda reflectată (ecoul)

Efectul Doppler

Schimbarea **frecvenței** sunetului auzit când ascultătorul sau sursa se deplasează. Dacă distanța dintre acestea este în scădere, se aude un sunet de frecvență mai mare decât cea produsă în realitate. Dacă distanța crește, se aude un sunet de frecvență mai joasă.

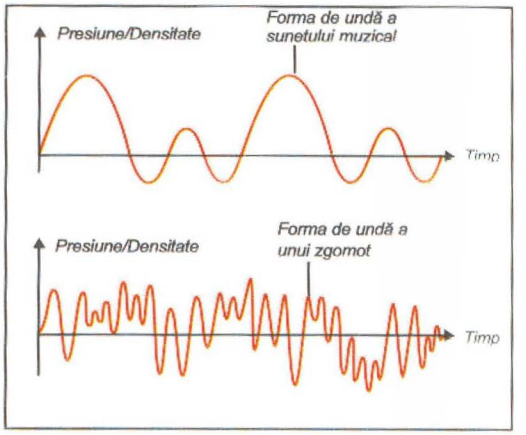

Efectul Doppler
X
Vuietul trenului când se apropie și trece pe lângă ascultătorul din punctul X.
X
***Fronturile de undă** se deplasează cu viteza sunetului.*

*Trenul se deplasează, în timp ce produce undele sonore. În punctul X se aud sunete de **frecvență*** *mai înaltă. Sunete de frecvență mai joasă se vor auzi când trenul a trecut.*

*Frecvență, 35; **Front de unde**, 34.

PERCEPEREA SUNETULUI

Sunetele percepute de ureche pot fi în egală măsură plăcute sau neplăcute. Când forma **undei sonore** (vezi paginile 40-41) se repetă periodic, sunetul este considerat, de obicei, plăcut. Când forma undei nu se repetă şi nu este periodică, sunetul este considerat ca fiind **zgomot**.
Fiecare sunet în parte are **putere** şi **armonie** proprie şi în special sunetele muzicale sunt produse de **unde staţionare**.



Intensitate auditivă

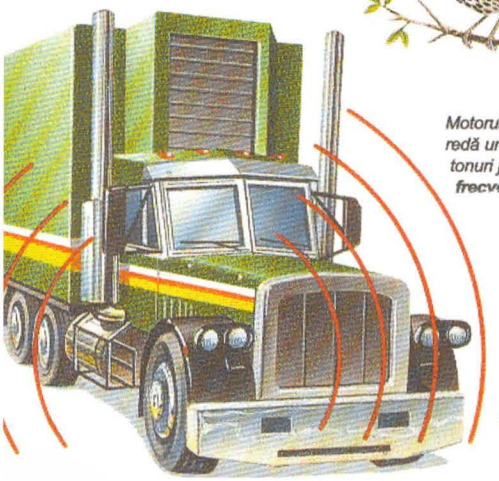
Senzaţia fiziologică produsă când undele sonore ajung la ureche. Aceasta este subiectivă, depinzând de sensibilitatea urechii, dar este direct proporţională cu **intensitatea*** **undei**. Nivelul de tărie se măsoară în **decibeli (dB)**, dar cu precizie mai mare în **foni** (aceştia iau în considerare faptul că urechea nu este la fel de sensibilă la sunetele de toate **frecvenţele***).

Avionul care decolează măsoară 11 dB.

Tonul

Percepţia **frecvenţei*** bine determinate a unei unde sonore. Sunetul cu ton înalt are frecvenţă înaltă, iar sunetul cu ton coborât are frecvenţă joasă.

*Sunetul trilului unei păsări este un **ton** înalt. Are **frecvenţă*** mare.*

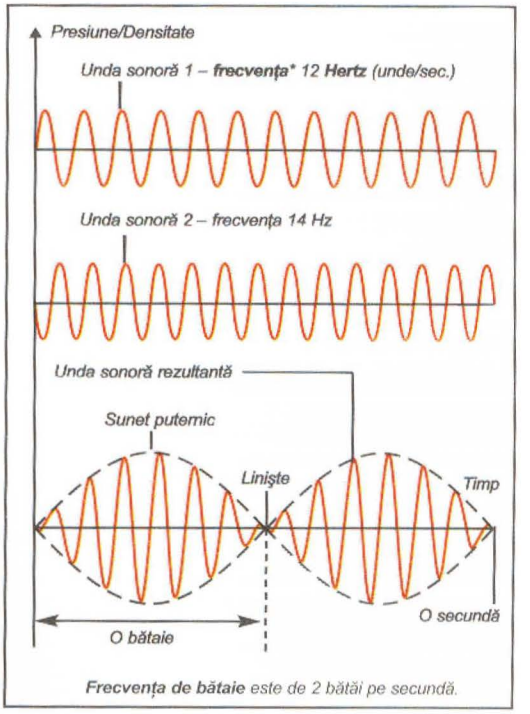


*Motorul unui camion redă un **zgomot** cu tonuri joase. Are **frecvenţă*** joasă*

Bătăile

Se percepe când două sunete de **frecvenţă*** puţin diferită sunt auzite deodată. Acesta este rezultatul **interferenţei*** dintre cele două unde. **Frecvenţa de bătaie** este egală cu diferenţa de frecvenţă dintre cele două sunete (vezi diagrama de mai jos). Cu cât frecvenţa sunetelor este mai apropiată, cu atât bătăile sunt mai rare.

Frecvenţa de bătaie



***Frecvenţa de bătaie** este de 2 bătăi pe secundă.*

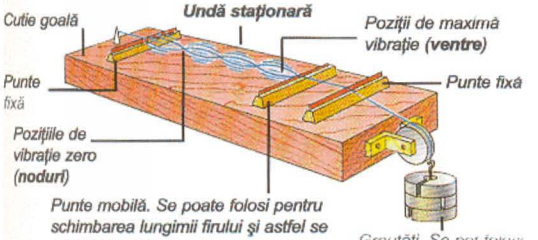
*Frecvenţă, 35; Interferenţă, 38; Intensitatea undei, 35.

Unda staționară

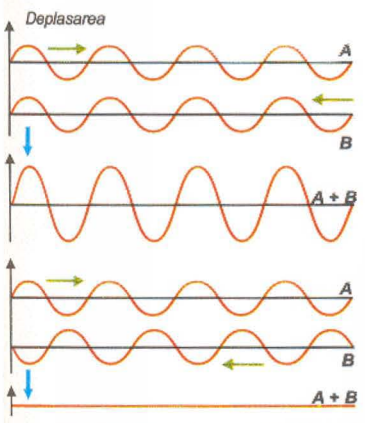
Unda care nu se deplasează. Este alcătuită din două unde de aceeași viteză și **frecvență***, care se deplasează continuu în direcții opuse între două puncte fixe (de exemplu, între capetele unui fir sau ale unei sârme întinse). Din suprapunerea repetată a undelor rezultă **interferența*** – când undele sunt **în fază***, **amplitudinea*** rezultantă este mare, iar când sunt în **opoziție de fază***, este mică sau nulă. În anumite puncte (în **noduri**), este întotdeauna zero. Amplitudinea și frecvența unei unde staționare dintr-un fir sau sârmă le determină și pe cele ale undelor sonore pe care le produce în aer.

Sonometrul

*Aparat folosit pentru producerea **undelor staționare**. Firul întins vibrează, iar cutia sonoră amplifică sunetele date de vibrație.*


Cutie goală
Undă staționară
Poziții de maximă vibrație (ventre)
Punte fixă
Punte fixă
Pozițiile de vibrație zero (noduri)
Punte mobilă. Se poate folosi pentru schimbarea lungimii firului și astfel se schimbă tonul.
Greutăți. Se pot folosi pentru modificarea tensiunii firului și astfel se schimbă tonul.

Formarea undei staționare

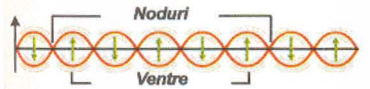


*Undele A și B (de aceeași **amplitudine***) se deplasează în direcție opusă între două puncte fixe.*

Unda rezultantă la durata de timp t=0. Amplitudinea se dublează.

Unda rezultantă la durata de timp t=1 Amplitudinea zero.

*La durata de timp t=2, unda rezultantă are amplitudine mică, dar se transpune (adică **maximele*** sunt acolo unde erau **minimele*** și invers).*

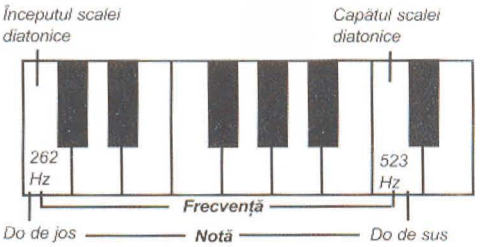


Unda rezultantă se deplasează încontinuu și rapid între poziția avută la t=0 și cea la t=2. Unda care se observă este staționară.

Sunetele muzicale

Toată muzica se bazează pe un fel de **scală muzicală**. Aceasta este alcătuită din **note** (sunete cu **tonuri** specifice), aranjate de la ton jos la ton înalt, cu intervale între ele (un **interval** muzical este intervalul de **frecvență*** și nu de timp). Notele sunt astfel aranjate încât să se obțină sunete plăcute. Aceasta depinde de cultura ascultătorului.

***Scala muzicală** occidentală se bazează pe **scala diatonică** – constă din 8 **note** (clapele albe ale pianului), de la C la C (de la Do la Do).*

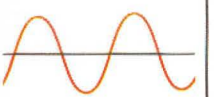


*Clapele negre au **frecvențele*** cuprinse între cele ale notelor de pe **scala diatonică**. Împreună formează **scala cromatică**.*

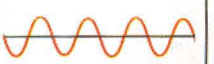
Moduri de vibrație

Aceeași notă cântată la instrumente diferite, deși poate fi recunoscută ca fiind aceeași, are o calitate a sunetului (**timbru**) caracteristică instrumentului. Așa se explică faptul că, deși cea mai puternică vibrație este aceeași pentru fiecare notă, indiferent de instrument (**frecvența*** sa este **frecvența fundamentală**), în același timp se produc vibrații de alte frecvențe (**armonici superioare**). Setul de vibrații specifice fiecărui instrument este modul de vibrație.

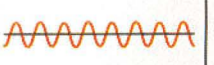
***Frecvența proprie** cea mai joasă (**frecvența fundamentală**) a unei note emise de un instrument dat. Dacă frecvențele **armonicilor** superioare sunt simpli multipli ai frecvenței fundamentale, se vorbește despre **armonie**.*



Prima armonică superioară (a doua armonică superioară, adică frecvență dublată).



A doua armonică superioară. Este a patra armonie.



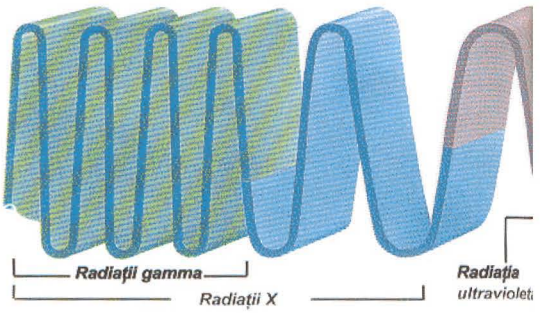
Modurile de vibrație combinate (cele trei împreună). Forma de undă caracteristică notei la acest instrument.

Frecvențele aceleiași note cântate pe un alt instrument

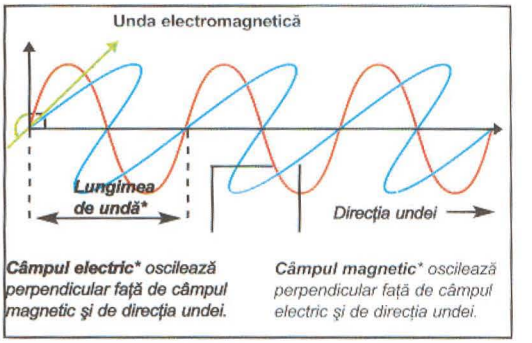
*Amplitudine, Maxime, 34; Frecvență, 35; În fază, 38 (Faza), Interferență, 38; Opoziție de fază, 38 (Faza); Minime, 34.

UNDELE ELECTROMAGNETICE

Undele electromagnetice sunt **unde transversale***, fiind alcătuite din **câmpuri electrice şi magnetice*** oscilante. Ele au un interval mare de **frecvenţe***. pot traversa majoritatea **mediilor**, inclusiv vidul, şi, când sunt absorbite, produc o creştere de temperatură (vezi **radiaţia infraroşie**). **Undele radio** şi unele **raze X** sunt emise atunci când **electronii*** liberi se mişcă accelerat sau se încetinesc, de ex. în urma unei ciocniri. Celelalte tipuri apar când moleculele îşi schimbă starea energetică (vezi pag. 84) şi se prezintă sub forma unor **fotoni** (vezi **teoria cuantică**, pag. 84). Pentru informaţii despre lungimile de undă şi frecvenţele diferitelor tipuri de undă (**spectrul electromagnetic**), vezi tabelul de la pagina 113.



Spectrul electromagnetic *(scara undelor electromagnetice) prezentat mai sus este alcătuit din* ***benzi de unde – frecvenţe**** *şi* ***lungimi de undă**** *specifice – în cadrul cărora undele au aceleaşi proprietăţi caracteristice.*


Unda electromagnetică
Lungimea de undă*
Direcţia undei
Câmpul electric* oscilează perpendicular faţă de câmpul magnetic şi de direcţia undei.
Câmpul magnetic* oscilează perpendicular faţă de câmpul electric şi de direcţia undei.

Radiaţiile Gamma (raze γ)

Unde electromagnetice emise de substanţe **radioactive*** (vezi şi pag. 86). Ele se găsesc pe aceeaşi **bandă de undă** şi au aceleaşi proprietăţi ca şi **radiaţiile X**, dar se produc într-un mod diferit şi se găsesc la capătul benzii în ceea ce priveşte energia.

Radiaţiile X

Unde electromagnetice care **ionizează*** gazele prin care trec, produc **fosforescenţă** şi realizează modificări pe plăcile fotografice. Ele sunt produse în **tuburi de radiaţii X*** şi au numeroase aplicaţii.

Radiografia cu raze X *produce imagini (****radiografii****) despre interiorul corpului.* ***Radiaţiile X*** *trec prin ţesuturi, dar sunt absorbite de oasele mai dense, astfel oasele apar opace.*

Radiaţiile X au trecut prin această mână pentru a proiecta o imagine clară a oaselor pe placa fotografică.

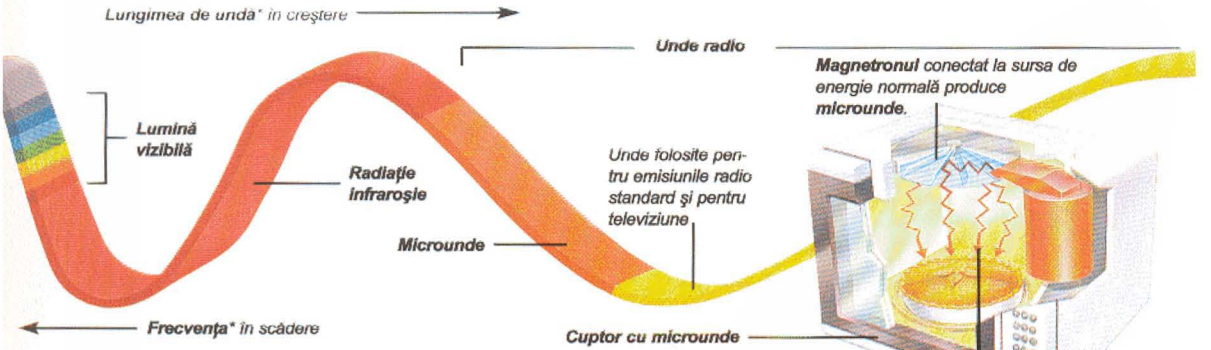
Radiaţia ultravioletă (radiaţia UV)

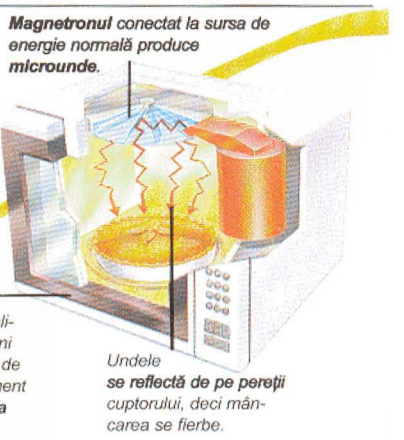
Unde electromagnetice produse, de exemplu, când un curent electric trece prin gazul **ionizat*** dintre doi **electrozi***. Ele sunt emise şi de Soare, dar la suprafaţa Pământului ajung doar în cantităţi mici. Aceste mici cantităţi sunt esenţiale vieţii, jucând rol important în fotosinteza plantelor, dar cantităţile mai mari sunt periculoase. Radiaţia ultravioletă are rol în producerea **fluorescenţei**, de ex. când se produce în **tuburi fluorescente***, şi, de asemenea, într-o varietate de reacţii chimice, cum ar fi bronzarea.

Fosforescenţa

Fenomen prezentat de anumite substanţe (**fosfor**) când absorb unde electromagnetice cu **lungimi de unde*** scurte, de exemplu, **radiaţiile gamma** sau **X**. Fosforul absoarbe undele şi emite lumină vizibilă, adică unde cu lungimi de undă mai mare. Această emisie poate continua şi după oprirea razelor gamma sau X. După oprirea lor, radiaţiile apar sub forma unor sclipiri rapide, care se numesc **scintilaţii** (vezi şi **contorul cu scintilaţii**, pag. 90).

*Câmp electric, 58; Electrod, 66; Electroni, 83; Tub fluorescent, 80 (Tub de descărcare); Frecvenţă, 35; Ionizare, 88; Câmp magnetic, 72; Mediu, 115; Radioactivitate, 86; Unde transversale, Lungime de undă, 34; Tub de radiaţii X, 80.




Magnetronul conectat la sursa de energie normală produce microunde.
Cuptor cu microunde
Microundele trec prin vasul cu aliment, dar cuptorul nu are margini de metal. Ele fac ca moleculele de apă, grăsime sau zahăr din aliment să oscileze, crescându-i energia internă* până la fierbere.
Undele se reflectă de pe pereţii cuptorului, deci mâncarea se fierbe.

Fluorescenţa

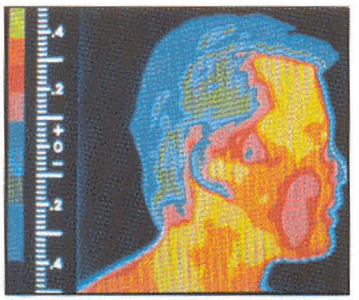
Fenomen prezentat de anumite substanţe, atunci când ele absorb **radiaţiile ultraviolete**. Ele absorb radiaţia ultravioletă şi emit **lumină vizibilă**, adică unde luminoase de **lungime de undă*** mai mare. Această emisie se opreşte o dată cu oprirea radiaţiei ultraviolete.

Lumina vizibilă

Unde electromagnetice pe care ochiul le poate percepe. Ele sunt produse de Soare, de **tuburile de descărcare*** şi de orice substanţă încălzită până se roşeşte (emisia luminii prin încălzire se numeşte **incandescenţă**). Ele produc modificări chimice, de exemplu, pe filmul fotografic, iar diferitele **lungimi de undă*** de pe **banda de unde** sunt prezentate cu diferite culori (vezi pag. 54).

Radiaţia infraroşie (radiaţia IR)

Cele mai obişnuite unde electromagnetice produse de corpurile fierbinţi şi de aceea ele sunt cea mai frecventă cauză a ridicării de temperatură (vezi introducerea şi **radiaţia**, pag. 29). Ele pot fi utilizate pentru formarea **imaginilor termice** pe filmul special, sensibil la radiaţii infraroşii, care sunt expuse prin căldură şi nu prin lumină.



***Imaginea termică** a unui cap de bărbat.*

Fiecare culoare reprezintă o diferenţă de temperatură de 0,1°C (vezi scara din stânga imaginii).

Zonele albastre de pe cap sunt mai reci, iar cele galbene sunt mai calde.

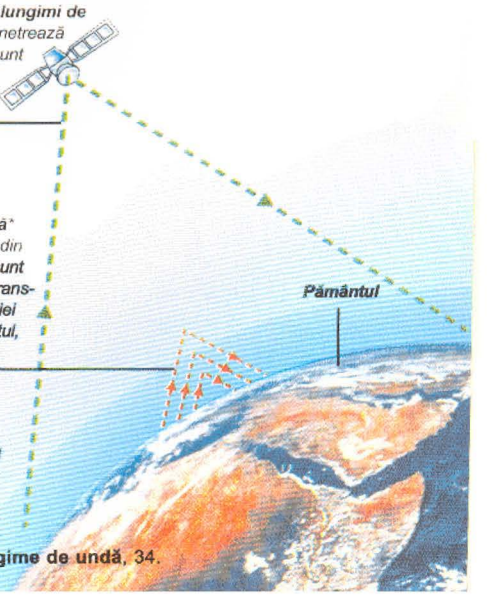
Microundele

Unde radio foarte scurte, utilizate la **radar** (**ra**dio **de**tection **a**nd **r**anging) pentru determinarea poziţiei unui corp prin timpul necesar întoarcerii unei unde reflectate la sursă (vezi şi sonarul, pag. 41 [**Ecoul**]). **Cuptoarele cu microunde** utilizează microundele la prelucrarea termică rapidă a alimentelor.

Undele radio

Unde electromagnetice produse când **electronii*** liberi din antenele radio sunt făcuţi să oscileze (şi deci sunt acceleraţi) de către un **câmp electric***. Faptul că frecvenţa oscilaţiilor este impusă de câmp înseamnă că undele apar ca un curent electric.

Utilizarea undelor radio pentru comunicarea la distanţe mari


Undele radio cu lungimi de undă* scurte penetrează ionosfera, deci sunt folosite pentru comunicarea la distanţă prin sateliţi.
Undele radio cu lungimi de undă* lungi se reflectă din ionosferă, deci sunt utilizate pentru transmiterea informaţiei dintr-un loc în altul, pe suprafaţa Pământului.
Ionosfera (stratul de gaz ionizat* din jurul Pământului)
Pământul

*Tub de descărcare, 80; Câmp electric, 58; Electroni, 83; Frecvenţă, 35; Energie internă, 9; Ionizare, 88; Centrală nucleară, 94; Lungime de undă, 34.

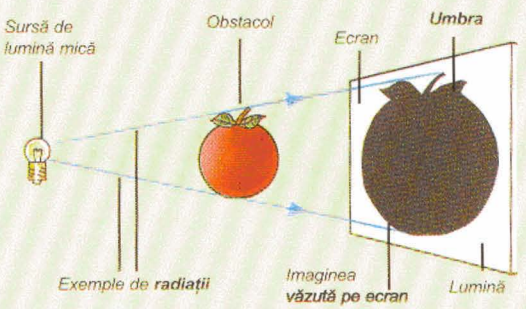
LUMINA

Lumina este formată din **unde electromagnetice*** de **frecvență*** și **lungime de undă*** specifice (vezi paginile 44-45), dar se face referire și la reprezentarea grafică a **radiațiilor**. O astfel de radiație este reprezentată de fapt printr-o linie (săgeată) care indică direcția în care este transportată energia.

Umbra

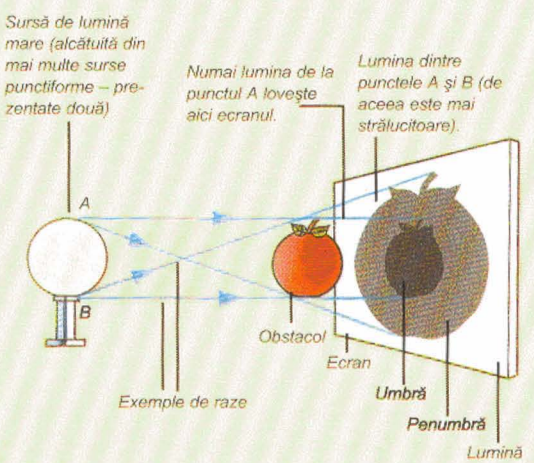
Zona în care radiațiile luminoase nu pot să ajungă din cauza unui obstacol. Dacă radiațiile provin dintr-un punct, ele sunt oprite de acel obstacol, creând o porțiune întunecată numită **umbră**.

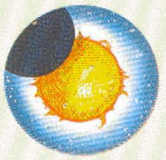
Producerea umbrei



Dacă lumina provine de la o sursă mai mare, în jurul umbrei se formează o zonă de **semiumbră**, numită penumbră.

Producerea penumbrei



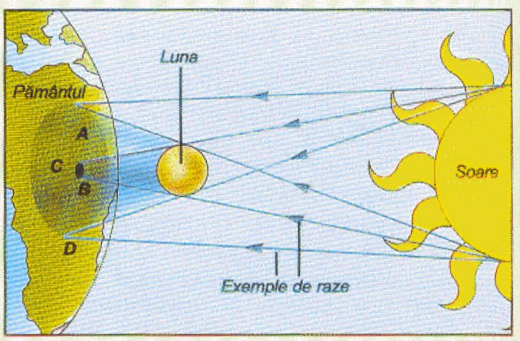


Eclipsa

„Blocarea" totală sau parțială **a luminii emise de o sursă**. Acest fenomen are loc când un corp produce umbră, trecând între **sursă** și observator. **Eclipsa de Soare** este văzută de pe Pământ când Luna ajunge între Pământ și Soare, iar **eclipsa de Lună** se vede atunci **când Pământul se află între Soare și** Lună.

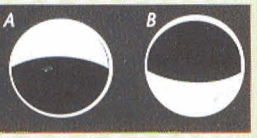
În eclipsa de Soare Luna oprește lumina Soarelui.

Eclipsa de Soare



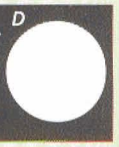
Eclipsa văzută din pozițiile A, B, C și D

***Eclipsa parțială**, văzută sub forma unui cerc, de exemplu, din pozițiile A și B. Suprafața crescândă a soarelui este încă vizibilă.*

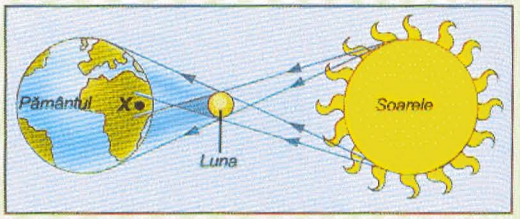


***Eclipsă totală** văzută din poziția C. Soarele este acoperit în totalitate.*

*Nu se observă **eclipsă** în nici un punct din afara cercului.*



Eclipsa anuală



Eclipsa văzută din poziția X

***Eclipsa circulară** este o **eclipsă** specială care constă dint-un cerc strălucitor în jurul unei suprafețe întunecate. Are loc când Luna, Pământul și Soarele se află la o anumită distanță unele față de celelalte.*

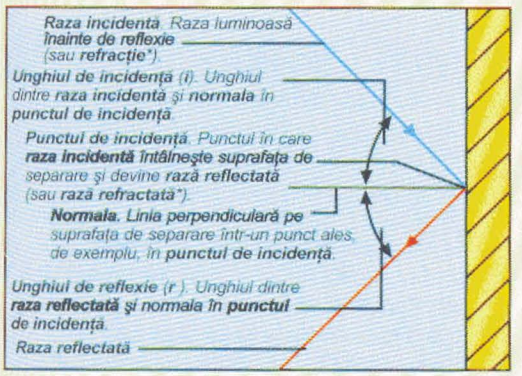
*Unde electromagnetice, 44; Frecvență, 35; Lungime de undă, 34.

REFLEXIA LUMINII

Reflexia este schimbarea direcției de propagare a unei unde când întâlnește un obstacol (vezi pag. 36). Pentru a studia reflexia luminii (vezi mai jos și paginile 48-49), de obicei se folosesc oglinzi. Trebuie remarcat că la formarea imaginii unui corp în diagrame oglindă (și **lentile***), se presupune că și corpul reflectă radiații luminoase. Într-adevăr, razele provin de la o sursă, de exemplu de la Soare, și sunt reflectate de pe corp.

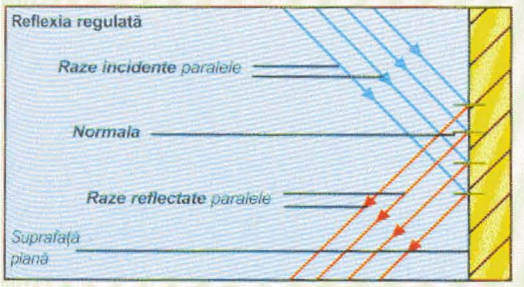
Legile reflexiei luminii

1. **Unda reflectată**, unda incidentă și normala în **punctul de incidență** se găsesc în **același plan**.
2. **Unghiul de incidență (i) = unghiul de reflexie (r)**.


Raza incidentă. Raza luminoasă înainte de reflexie (sau refracție*).
Unghiul de incidență (i). Unghiul dintre raza incidentă și normala în punctul de incidență.
Punctul de incidență. Punctul în care raza incidentă întâlnește suprafața de separare și devine rază reflectată (sau rază refractată*).
Normala. Linia perpendiculară pe suprafața de separare într-un punct ales, de exemplu, în punctul de incidență.
Unghiul de reflexie (r). Unghiul dintre raza reflectată și normala în punctul de incidență.
Raza reflectată

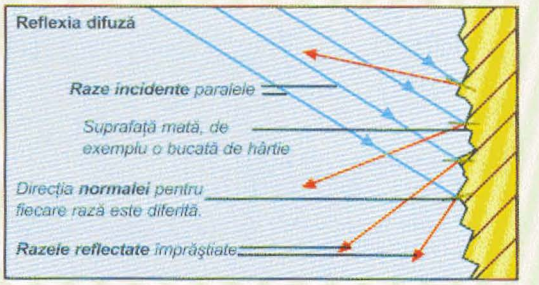
Reflexia regulată

Reflexia **razelor incidente** paralele (vezi mai sus) de pe o suprafață plană care face ca toate **razele reflectate** să fie paralele. Aceasta are loc când suprafețele sunt foarte lucioase, de exemplu, suprafețe bine șlefuite, ca oglinzile.



Reflexia difuză

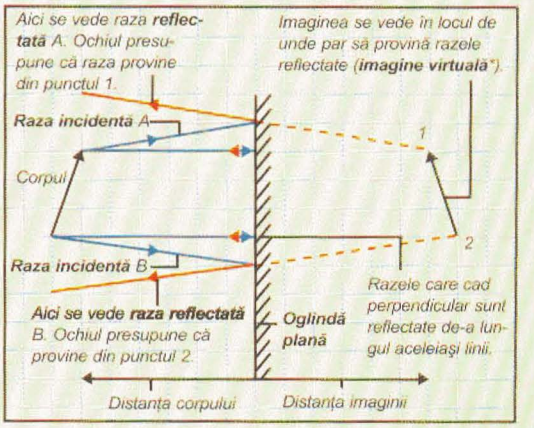
Reflexia razelor **incidente paralele** (vezi stânga) de pe o suprafață mată care face ca **razele reflectate** să difuzeze în diferite direcții și lumina să se împrăștie. Aceasta este reflexia cea mai frecventă, deoarece majoritatea suprafețelor sunt neregulate în comparație cu reflexia **lungimii de undă*** a luminii (vezi pagina 113).


Reflexia difuză
Raze incidente paralele
Suprafață mată, de exemplu o bucată de hârtie
Direcția normalei pentru fiecare rază este diferită.
Razele reflectate împrăștiate

Oglinda plană

O oglindă cu suprafața plană (vezi **oglinzi sferice**, pag. 48-49). Imaginea pe care o formează are aceeași mărime ca și obiectul la aceeași distanță în spatele oglinzii („în" oglindă), ca și obiectul din fața acesteia și **simetrică cu el**.

Reflexia într-o oglindă plană


Aici se vede raza reflectată A. Ochiul presupune că raza provine din punctul 1.
Imaginea se vede în locul de unde par să provină razele reflectate (imagine virtuală*).
Raza incidentă A
Corpul
1
2
Raza incidentă B
Aici se vede raza reflectată B. Ochiul presupune că provine din punctul 2.
Oglindă plană
Razele care cad perpendicular sunt reflectate de-a lungul aceleiași linii.
Distanța corpului
Distanța imaginii

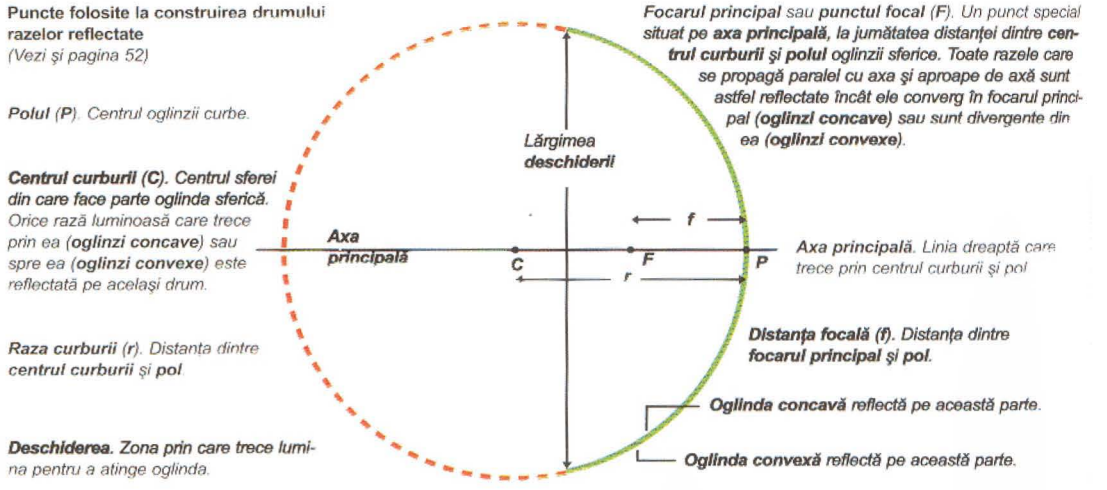
Paralaxa

Deplasarea aparentă a unui corp datorită perceperii diferite a luminii de ochiul stâng și drept. De exemplu, un corp observat inițial cu ochiul stâng, apoi cu ochiul drept, pare să se fi deplasat. Primul punct de observare este ochiul stâng, iar al doilea este ochiul drept. (Vezi și **eroarea de paralaxă**, pagina 102).

*Lentile, 52; Rază refractată, Refracție, 50; Imagine virtuală, 49 (Imaginea); Lungime de undă, 34.

Reflexia luminii (continuare)

Conform legii reflexiei (vezi pag. 47), razele luminoase sunt reflectate atât de pe suprafețele curbe, cât și de pe suprafețele plane. Imaginea formată de reflexia **oglinzilor sferice** se observă deosebit de ușor. Există două tipuri de oglinzi sferice – **oglinzi concave** și **convexe**. Se presupune că sursa de lumină (vezi **reflexia luminii**, pagina 47) este corpul, iar la construirea traiectoriei parcurse de razele reflectate se folosesc anumite puncte.


Puncte folosite la construirea drumului razelor reflectate
(Vezi și pagina 52)
Polul (P). Centrul oglinzii curbe.
Centrul curburii (C). Centrul sferei din care face parte oglinda sferică. Orice rază luminoasă care trece prin ea (oglinzi concave) sau spre ea (oglinzi convexe) este reflectată pe același drum.
Raza curburii (r). Distanța dintre centrul curburii și pol
Deschiderea. Zona prin care trece lumina pentru a atinge oglinda.
Focarul principal sau punctul focal (F). Un punct special situat pe axa principală, la jumătatea distanței dintre centrul curburii și polul oglinzii sferice. Toate razele care se propagă paralel cu axa și aproape de axă sunt astfel reflectate încât ele converg în focarul principal (oglinzi concave) sau sunt divergente din ea (oglinzi convexe).
Lărgimea deschiderii
Axa principală
C
F
P
f
r
Axa principală. Linia dreaptă care trece prin centrul curburii și pol
Distanța focală (f). Distanța dintre focarul principal și pol.
Oglinda concavă reflectă pe această parte.
Oglinda convexă reflectă pe această parte.

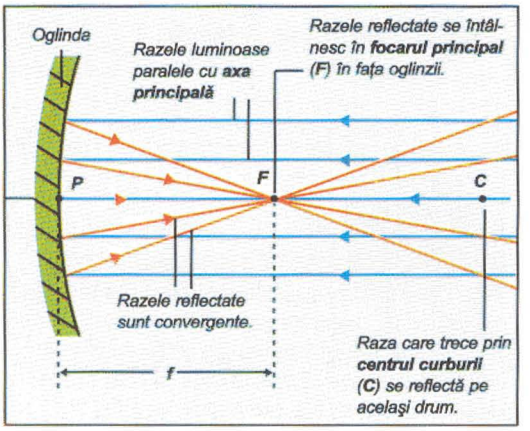
Oglinda concavă sau convergentă

Oglinda a cărei suprafață de reflexie este partea interioară a unei sfere. Când razele luminoase paralele cu **axa principală** cad pe o astfel de oglindă, ele sunt reflectate astfel ca ele să conveargă în **focarul principal** din fața oglinzii. Mărimea, poziția și tipul **imaginii** formate depind de distanța corpului de oglindă.

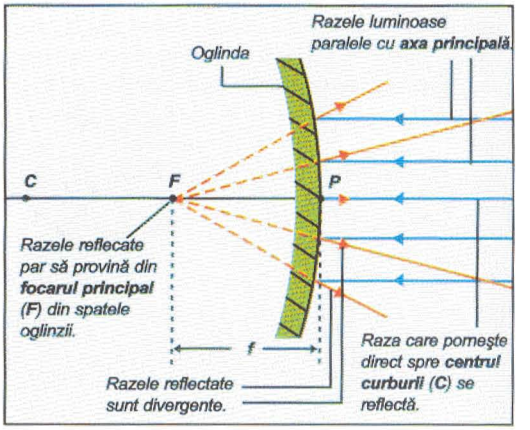
Oglinda convexă sau divergentă

Oglinda a cărei suprafață de reflexie este partea exterioară a unei sfere. Când razele luminoase paralele cu **axa principală** cad pe o astfel de oglindă, ele sunt reflectate astfel ca ele să fie divergente în **focarul principal** din spatele („interiorul") oglinzii. **Imaginile** formate sunt întotdeauna drepte și micșorate și sunt **imagini virtuale** (vezi **imaginea**).

Oglinda concavă

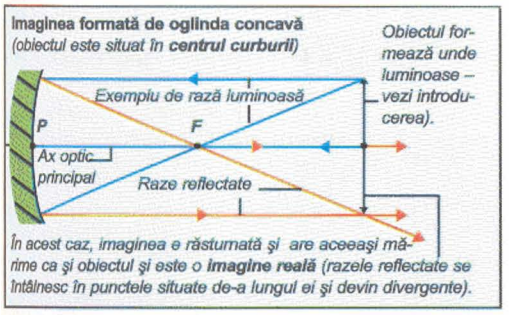

Oglinda
Razele luminoase paralele cu axa principală
Razele reflectate se întâlnesc în focarul principal (F) în fața oglinzii.
P
F
C
Razele reflectate sunt convergente.
f
Raza care trece prin centrul curburii (C) se reflectă pe același drum.

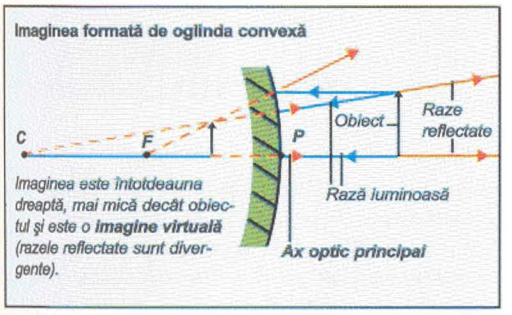
Oglinda convexă


Razele luminoase paralele cu axa principală
Oglinda
C
F
P
Razele reflectate par să provină din focarul principal (F) din spatele oglinzii.
f
Razele reflectate sunt divergente.
Raza care pornește direct spre centrul curburii (C) se reflectă.

Imaginea

Imaginea unui obiect format în oglindă. Așa cum un obiect este observat doar datorită razelor luminoase pornite de la el (vezi **reflexia luminii**, pagina 47), tot așa și imaginea se formează în locul în care se întâlnesc razele reflectate (**imagine reală**), respectiv razele divergente (**imagine virtuală**).


Imaginea formată de oglinda concavă
(obiectul este situat în centrul curburii)
Obiectul formează unde luminoase – vezi introducerea).
Exemplu de rază luminoasă
P
F
Ax optic principal
Raze reflectate
În acest caz, imaginea e răsturnată și are aceeași mărime ca și obiectul și este o imagine reală (razele reflectate se întâlnesc în punctele situate de-a lungul ei și devin divergente).



Formula oglinzii sau a lentilelor

Dă relația dintre distanța unui obiect de solul oglinzii sferice sau **lentilei***, distanța **imaginii** sale de același punct și **distanța focală** a oglinzii sau lentilei. Imaginea se poate forma de oricare parte a oglinzii sau lentilei și, de aceea, pentru definirea poziției se folosește un **semn convențional***.

Formula oglinzii: $\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u}$

unde f = **distanța focală**
v = distanța **imaginii** (de la **pol**)
u = distanța obiectului (de la pol)

Semnul convențional pozitiv valabil pentru oglinzi și lentile

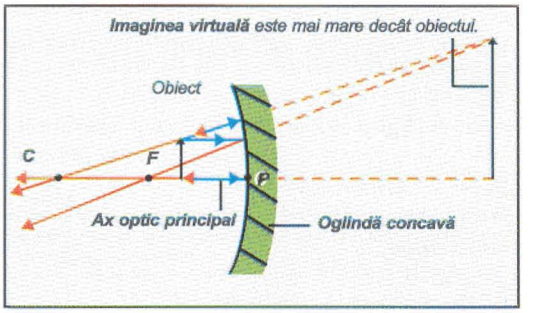
1. Toate distanțele sunt măsurate de la oglindă ca origine.
2. Distanțele obiectelor și **imaginilor reale** sunt pozitive.
3. Distanțele **imaginilor virtuale** sunt negative.
4. Distanțele **focale** ale **oglinzilor** și **lentilelor*** **convexe** sunt pozitive. Distanțele focale ale oglinzilor și **lentilelor concave** sunt negative.

Mărirea liniară

Raportul dintre înălțimea imaginii formate de o oglindă sau **lentilă*** și înălțimea obiectului.

Mărirea liniară = $\frac{\text{înălțimea imaginii}}{\text{înălțimea obiectului}}$

Exemplu de mărire liniară



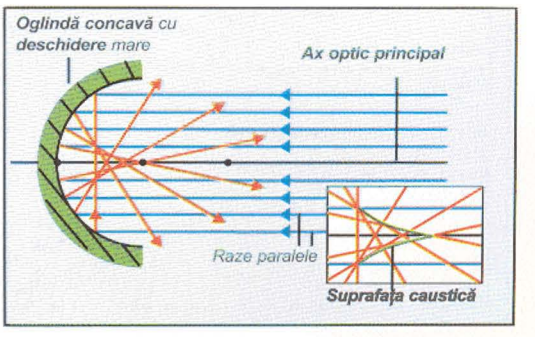
Principiul reversibilității luminii

Susține că pentru o rază luminoasă ce urmează un drum dat de reflexie, **refracție*** sau **difracție***, raza luminoasă din direcția opusă, în aceleași condiții, va urma același drum. De exemplu, razele luminoase paralele cu **axul optic principal** sunt reflectate de **oglinda concavă**, astfel încât ele să se întâlnească în **focarul principal**. Dacă în focarul principal se plasează o sursă luminoasă punctiformă, razele sunt reflectate paralel cu axul optic principal.

Aberația de sfericitate

Fenomen observat atunci când razele paralele cu **axul optic principal** întâlnesc o oglindă sferică și sunt reflectate astfel încât ele să se intersecteze în diferite puncte situate de-a lungul axului, formând o **curbă caustică**. Cu cât **deschiderea** este mai mare, cu atât efectul este mai vizibil. Acest efect se poate observa și la **lentilele*** cu deschidere mare.

Aberația de sfericitate



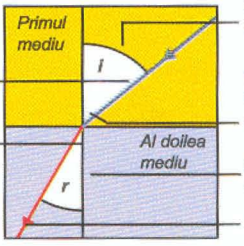
*Difracție, 37; Lentilă, 52; Refracție, 37; Semn convențional, 11.

REFRACȚIA LUMINII

Refracția este schimbarea direcției oricărei unde când aceasta trece dintr-un **mediu*** în altul (vezi și pagina 37). Când razele luminoase (vezi pagina 46) trece într-un mediu nou, conform **legilor refracției luminii**, ele se refractă. Direcția în care sunt refractate depinde de densitatea mediului prin care se propagă, în care sunt încetinite, respectiv accelerate (vezi diagrama de mai jos).

*Capătul introdus în băutură pare îndoit datorită **refracției**.*

Refracția la suprafața de separare dintre două medii*



***Raza incidentă**.*
Raza de lumină incidentă

***Unghiul de refracție** (r). Unghiul dintre raza **refractată** și **normala** în **punctul de incidență**.*

*Dacă al doilea mediu este mai dens, viteza scade și se refractă spre **normală**, așa cum se arată aici. Dacă mediul este mai puțin dens, viteza crește și se îndepărtează de normală.*

***Unghiul de incidență** (i). Unghiul dintre raza incidentă și **normala** în **punctul de incidență**.*

Punctul de incidență**. Punctul în care **raza incidentă** întâlnește suprafața de separare și devine **rază refractată** (sau **rază reflectată).*

***Normala**. Linia perpendiculară pe suprafața de separare printr-un punct ales, de ex. **punctul de incidență**.*

Rază refractată

Legile refracției luminii

1. **Raza refractată** se află în același plan cu **raza incidentă** și **normala** în **punctul de incidență**.

2. (**Legea lui Snell**). Raportul dintre **sinusul unghiului de incidență** și sinusul **unghiului de refracție** este constant pentru două **medii*** **date***. Această constantă reprezintă **indicele de refracție** (**n** – vezi pagina 37). Când este vorba despre lumină, acesta se mai numește **densitate optică** și se poate calcula făcând raportul dintre viteza luminii dintr-un mediu cu viteza ei din al doilea mediu. Vezi și prezentarea **adâncimii aparente**.

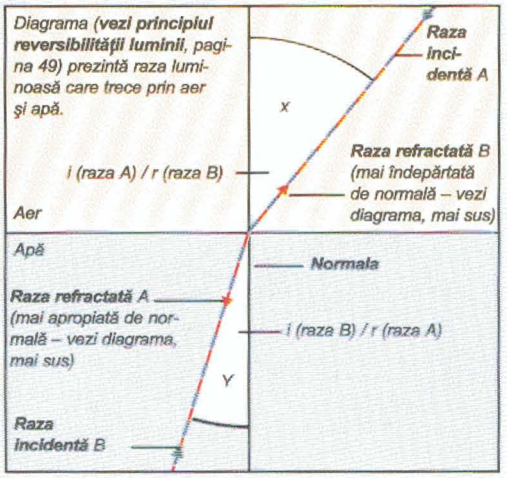


Diagrama (vezi principiul reversibilității luminii, pagina 49) prezintă raza luminoasă care trece prin aer și apă.
Raza incidentă A
x
i (raza A) / r (raza B)
Raza refractată B (mai îndepărtată de normală – vezi diagrama, mai sus)
Aer
Apă
Normala
Raza refractată A (mai apropiată de normală – vezi diagrama, mai sus)
i (raza B) / r (raza A)
Y
Raza incidentă B

*Pentru orice direcție, **indicele de refracție*** al celui de-al doilea **mediu*** în raport cu primul este notat cu ${}_1n_2$.*

*Conform **legii lui Snell**:*

$$ {}_1n_2 = \frac{\sin i}{\sin r} $$

Mediile pot fi specificate prin litere subscrise – ${}_an_w$ reprezintă indicele de refracție al apei în raport cu aerul, iar ${}_wn_a$ este indicele de refracție al aerului în raport cu cel al apei.

$$ {}_an_w = \frac{\sin i \text{ (raza A)}}{\sin r \text{ (raza B)}} = \frac{\sin x}{\sin y} $$

$$ {}_wn_a = \frac{\sin i \text{ (raza B)}}{\sin r \text{ (raza A)}} = \frac{\sin y}{\sin x} $$

$$ \text{Deci } {}_an_w = \frac{1}{{}_wn_a} $$

*Dacă literele subscrise nu sunt date, valoarea este **indicele de refracție absolut***.*

*Indice de refracție absolut, 37 (Indicele de refracție); Mediu, 115; Rază reflectată, Reflexie, 47; Sinus, 115.

Adâncimea aparentă

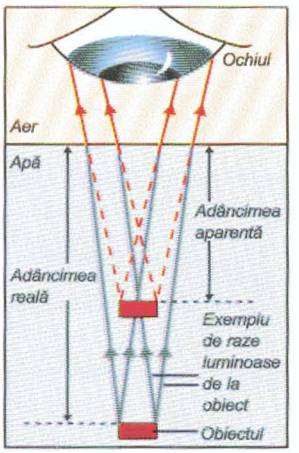
Poziția în care este văzut dintr-un mediu un obiect cufundat într-un alt **mediu***. Razele luminoase se propagă în linie dreaptă, dar ele și-au schimbat direcția datorită refracției. Deci, obiectul nu se observă acolo unde se află de fapt, ci mai sus.

Adâncimea aparentă

Când părăsesc apa, razele se refractă.

Ochiul formează imaginea în prelungirea razelor luminoase (liniile roșii punctate), astfel, obiectul se observă mai sus.

*Adâncimea reală și aparentă pot fi folosite și la calcularea **indicelui de refracție***:

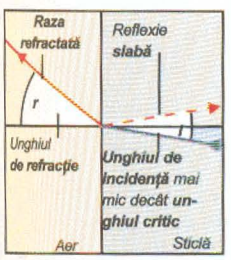


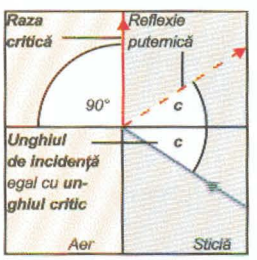
$$ {}_aN_w = \frac{\text{adâncimea reală}}{\text{adâncimea aparentă}} $$

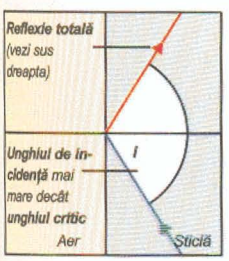
$$ {}_wN_a = \frac{1}{{}_aN_w} $$

Unghiul limită sau unghiul critic (c)

Unghiul de incidență specific unei raze care întâlnește un **mediu*** mai puțin dens, care face ca aceasta să fie refractată la 90° față de **normală**. Înseamnă că raza refractată (**raza critică**) se propagă de-a lungul suprafeței de despărțire și nu pătrunde în al doilea mediu.







*Unghiul limită se poate utiliza la calcularea **indicelui de refracție***:

$$ {}_gn_a = \sin c $$

$$ \left({}_aN_g = \frac{1}{{}_gn_a} \right) $$

(Notă: sinus de 90° este 1.)

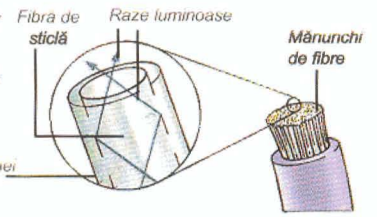
*Curcubeele se formează când lumina se **refractă** prin picăturile mici de apă prezente în aer după ploaie. Fiecare picătură se comportă ca o **prismă, dispersând*** lumina în culorile **spectrului de lumină vizibil***.

Reflexia totală

La trecerea luminii dintr-un **mediu*** optic mai dens într-unul mai puțin dens, când întâlnește suprafața de separare dintre ele, alături de refracție are loc întotdeauna o reflexie înapoi în mediul mai dens. Când **unghiul de incidență** este mai mare decât **unghiul critic**, are loc reflexia totală.

***Fibrele optice** transmit lumina prin **reflexie totală**. Mănunchiurile acestor fibre au numeroase utilizări, de ex. în comunicații și medicină (la **endoscoape**).*

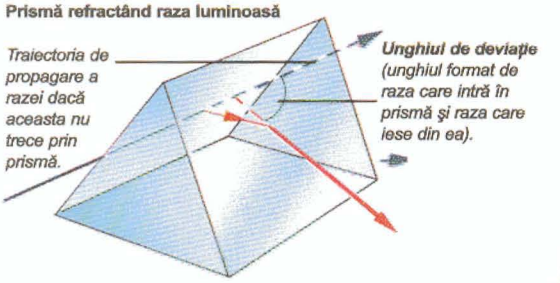
***Unghiul de incidență** este mai mare decât **unghiul critic**, deci are loc **reflexia totală**.*



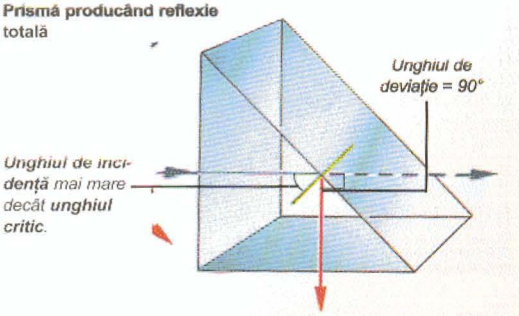
Prisma

Un mediu transparent mărginit de două suprafețe plane refractante ce formează un unghi diedru. Prismele sunt folosite la producerea **dispersiei*** și schimbarea direcției de propagare a luminii prin refracție și **reflexie internă totală**.

Prismă refractând raza luminoasă


Traiectoria de propagare a razei dacă aceasta nu trece prin prismă.
Unghiul de deviație (unghiul format de raza care intră în prismă și raza care iese din ea).

Prismă producând reflexie totală



*Dispersie, 54 (**Culoarea**); **Mediu**, 115
Indice de refracție, 37; **Spectru luminos vizibil**, 54.

*Lupa este o **lentilă convergentă** care face obiectele să pară mai mari decât sunt ele în realitate.*

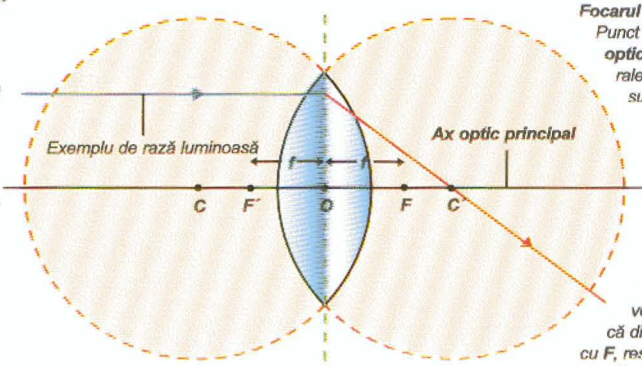
Refracția luminii (continuare)

Conform **legilor refracției luminii** (vezi pagina 50), razele luminoase sunt refractate atât pe suprafețele curbe, de exemplu pe **lentilă**, cât și pe suprafețele plane. Există două tipuri de lentile, **lentile concave** și **convexe**, care, în funcție de **indicele lor de refracție*** în raport cu **mediul*** înconjurător, pot să fie **lentile divergente** sau **convergente**. În toate diagramele care prezintă producerea imaginii prin refracție, pentru determinarea traiectoriei razelor luminoase refractate se presupune că obiectul este sursa de lumină (vezi **reflexia luminii**, pagina 47) și se folosesc anumite puncte (vezi mai jos), alături de datele cunoscute. Pozițiile obiectelor și imaginile se pot determina folosind **formula oglinzii (lentilei)***.

Lentilă convexă

Puncte folosite pentru determinarea traiectului razelor refractate *(vezi și pagina 48).*

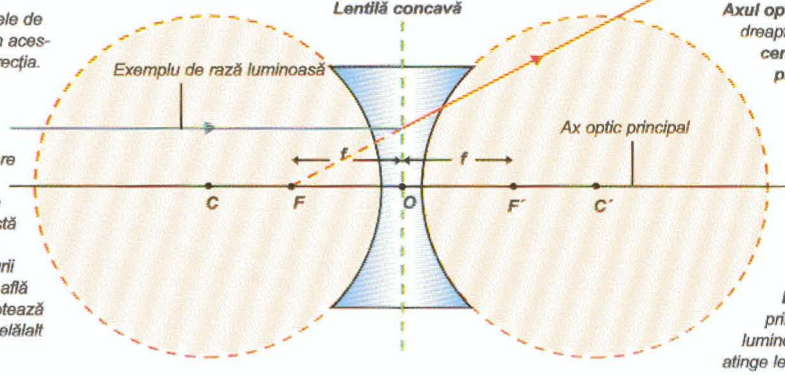
*Toate lentilele prezentate sunt considerate lentile subțiri (grosimea lentilei este mică în comparație cu **distanța focală**). Deși razele luminoase deviază atât la intrarea cât și la ieșirea din lentilă, sunt desenate cu o singură deviere, față de verticală ce trece prin **centrul optic** al lentilei.*



***Focarul principal** sau **punctul focal**. Punct important situat pe **axul optic principal**. Toate razele paralele care trec aproape de ax sunt refractate astfel ca ele să fie convergente în focarul principal (**lentilă convergentă**) sau să pară că sunt divergente de aici (**lentilă divergentă**). Dacă lumina poate intra din ambele părți ale lentilei, atunci există **două focare principale – focarul principal la care converg razele sau de la care par că diverg se notează întotdeauna cu F, respectiv F´**).*

***Centrul optic (O)** Centrul lentilei. Razele de lumină care trec prin aceasta nu își schimbă direcția.*

Lentilă concavă



***Axul optic principal**. Linia dreaptă care trece prin **centrele de curbură** și **prin centrul optic**.*

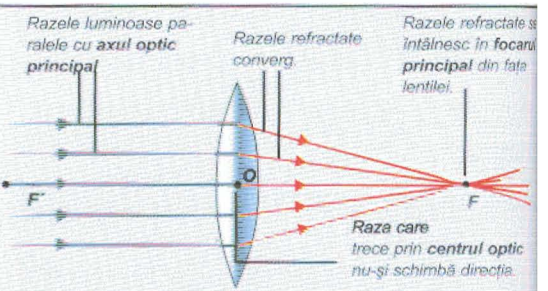
***Centrul curburii** Centrul sferei din care face parte lentila. Deoarece lentila are **două suprafețe, există** două centre de curbură – **centrul curburii pe partea căreia se află raza incidentă se notează întotdeauna cu C (celălalt** se notează cu **C´**).*

*Distanța focală (**f**). Distanța dintre **focarul principal** și **centrul optic**.*

***Deschiderea**. Zona prin care trece raza luminoasă pentru a atinge lentila.*

Lentila convergentă

Lentila care face ca razele paralele care cad pe ea să fie convergente în **focarul principal** de pe partea cealaltă a lentilei. Atât **lentila concavă**, cât și cea **convexă**, în funcție de **indicele de refracție*** al lentilei în raport cu **mediul*** înconjurător, pot acționa ca **lentile convergente**. În aer, lentila convexă din sticlă se comportă ca o lentilă convergentă, așa cum este prezentat în figura din dreapta.


Razele luminoase paralele cu axul optic principal
Razele refractate converg
Razele refractate se întâlnesc în focarul principal din fața lentilei
O
F´
F
Raza care trece prin centrul optic nu-și schimbă direcția

*O lentilă convexă din sticlă, într-un **mediu*** mai dens decât sticla se comportă ca o **lentilă divergentă**.*

*Mediu, 115; Formula oglinzii, 49; Indice de refracție, 37.

Puterea optică (P)

Măsurarea capacității de convergență sau divergență a razelor luminoase printr-o lentilă, dată în **dioptri** (când **distanța focală** este măsurată în metri). Cu cât distanța focală este mai mică, cu atât lentila are putere mai mare.

$$P = \frac{1}{f}$$

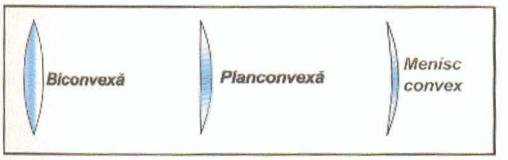
*unde P = **puterea** lentilei*
*f = **distanța focală***

Binoclul folosește lentile pentru mărirea obiectelor.

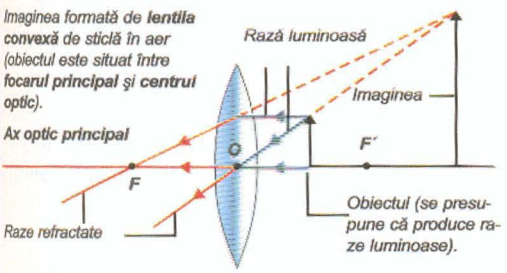
Lentila convexă

Lentila cu cel puțin o suprafață curbă spre exterior. Lentila cu o suprafață curbă spre interior și una spre exterior este convexă dacă mijlocul ei este mai gros decât marginile **sale** exterioare. În aer, o lentilă convexă de sticlă se comportă ca o **lentilă convergentă**. Mărimea, poziția și tipul imaginii formate (**reală*** sau **virtuală***) depinde de distanța de la obiect.

Tipuri de lentile convexe



Lentila convexă

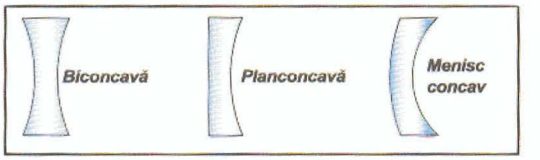

Imaginea formată de lentila convexă de sticlă în aer (obiectul este situat între focarul principal și centrul optic).
Rază luminoasă
Imaginea
Ax optic principal
O
F
F'
Raze refractate
Obiectul (se presupune că produce raze luminoase).

*În acest caz, imaginea este văzută dreaptă și în spatele obiectului, mai mare decât obiectul și este o **imagine virtuală***.*

Lentila concavă

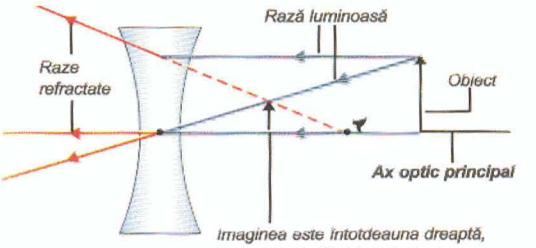
Lentila care are cel puțin o suprafață curbată spre interior. O lentilă care are o suprafață curbă spre interior și una spre exterior este concavă dacă mijlocul ei este mai subțire decât marginile sale exterioare (**menisc concav**). În aer, lentila concavă de sticlă se comportă ca o **lentilă divergentă**. Poziția unui obiect față de lentilă poate varia, dar imaginea este virtuală.

Tipuri de lentile concave



Lentila concavă

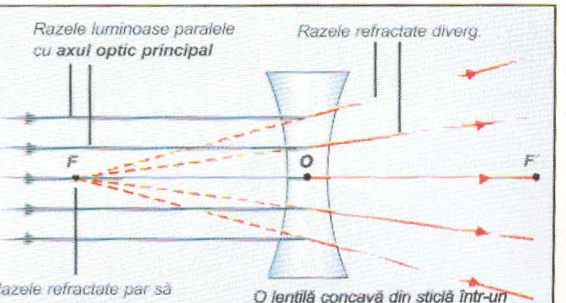
*Imaginea formată în aer de **lentila concavă** de sticlă*



Imaginea este întotdeauna dreaptă**, mai mică decât obiectul și este o **imagine virtuală.*

Lentila divergentă

Lentila care face ca razele paralele care cad pe ea să fie divergente, astfel că ele par să provină din **focarul principal** de aceeași parte din care intră razele. Atât **lentilele concave**, cât și cele **convexe** pot să se comporte ca niște lentile divergente, depinzând de **indicele de refracție*** al lentilei în raport cu **mediul*** înconjurător. În aer, o lentilă concavă de sticlă se comportă ca o lentilă divergentă, așa cum este prezentat în figura din dreapta.



*Razele refractate par să provină din **focarul principal** din spatele lentilei.*

O lentilă concavă din sticlă într-un mediu *mai dens decât sticla e ca o **lentilă convergentă**.*

*Mediu, 115; **Imagine reală**, 49 (**Imaginea**); **Indice de refracție**, 37; **Imagine virtuală**, 49 (**Imaginea**).

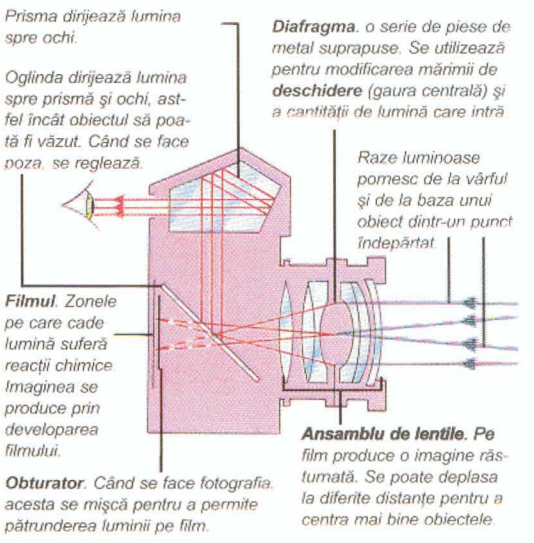
INSTRUMENTE OPTICE

Instrumentul optic foloseşte una sau mai multe **lentile*** sau **oglinzi curbe*** pentru a produce tipul de imagine cerut. Mai jos sunt prezentate câteva dintre cele mai obişnuite instrumente optice.

Aparatul de fotografiat

Instrument optic folosit pentru a forma şi a înregistra imaginea unui obiect pe film. Imaginea este răsturnată şi este o **imagine reală***.

Aparatul de fotografiat (reflex)

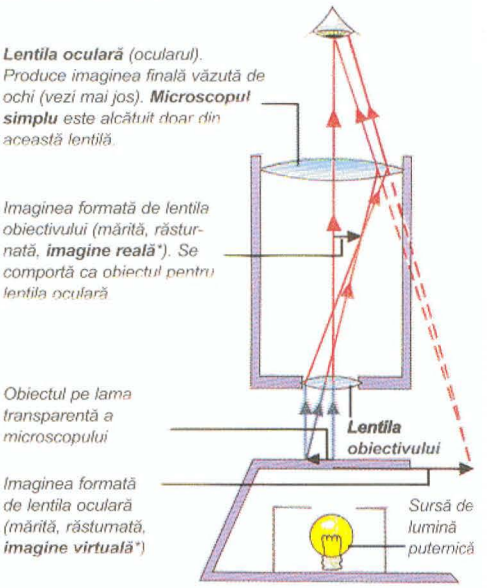

Prisma dirijează lumina spre ochi.
Oglinda dirijează lumina spre prismă şi ochi, astfel încât obiectul să poată fi văzut. Când se face poza, se reglează.
Diafragma. o serie de piese de metal suprapuse. Se utilizează pentru modificarea mărimii de deschidere (gaura centrală) şi a cantităţii de lumină care intră
Raze luminoase pornesc de la vârful şi de la baza unui obiect dintr-un punct îndepărtat
Filmul. Zonele pe care cade lumină suferă reacţii chimice. Imaginea se produce prin developarea filmului.
Ansamblu de lentile. Pe film produce o imagine răsturnată. Se poate deplasa la diferite distanţe pentru a centra mai bine obiectele.
Obturator. Când se face fotografia, acesta se mişcă pentru a permite pătrunderea luminii pe film.

Dacă mai înainte refracţia dată de lentile a fost prezentată doar ca o modificare a direcţiei, de data aceasta este prezentată pe linia trecută prin centrul optic al întregului ansamblu de lentile.

Microscopul

Instrumentul optic care măreşte obiecte foarte mici. Dacă are doar o **lentilă***, acesta este un **microscop simplu** sau o **lupă**. Dacă are mai multe lentile, este un **microscop compus**.

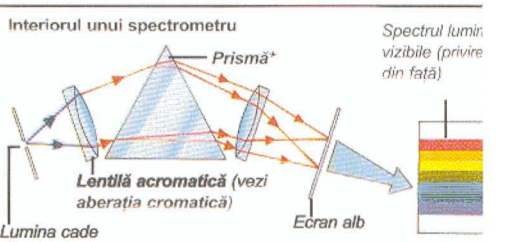
Microscop compus


Lentila ocular (ocularul). Produce imaginea finală văzută de ochi (vezi mai jos). Microscopul simplu este alcătuit doar din această lentilă.
Imaginea formată de lentila obiectivului (mărită, răsturnată, imagine reală*). Se comportă ca obiectul pentru lentila ocular
Obiectul pe lama transparentă a microscopului
Imaginea formată de lentila ocular (mărită, răsturnată, imagine virtuală*)
Lentila obiectivului
Sursă de lumină puternică

Culoarea

Lumina albă se vede atunci când toate **lungimile de undă*** diferite ale luminii **vizibile** (vezi pagina 45) cad pe ochi în acelaşi timp. Lumina albă poate să sufere fenomenul de **dispersie**, prin care ia naştere **spectrul luminii vizibile** (diferitele sale lungimi de undă) prin **refracţie***. Acest lucru se poate întâmpla accidental (vezi **aberaţia cromatică**) sau poate fi produs cu un **spectrometru**.

Interiorul unui spectrometru


Prismă*
Spectrul lumin vizibile (privire din faţă)
Lentilă acromatică (vezi aberaţia cromatică)
Ecran alb
Lumina cade pe o lamelă cu deschidere centrală.

*Diferitele **lungimi de undă** sunt refractate în cantităţi diferite, producând **dispersia** luminii albe.*

Spectrul luminii vizibile

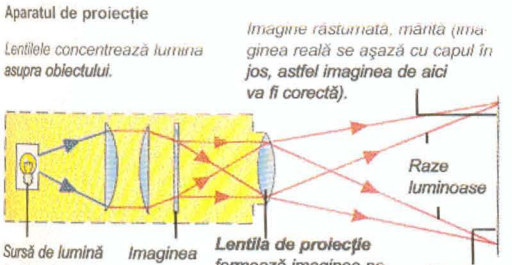
Totalitatea culorilor care alcătuiesc un fascicul de lumină albă. Fiecare bandă de culoare variază pe un interval foarte mic de **lungimi de undă*** – vezi **lumina vizibilă**, pag.45.

*Lumina **refractată** de **prismă*** pentru formarea unui spectru de culori.*

Aparatul de proiecție

Un instrument optic care produce imaginea mărită a unui obiect real.

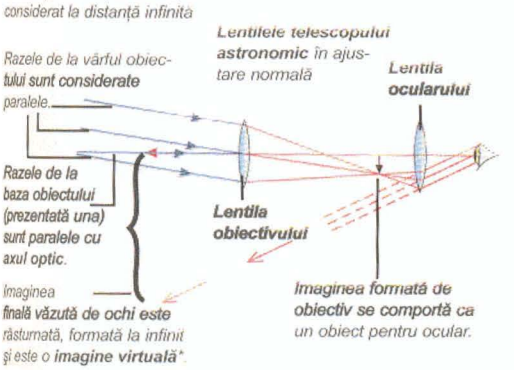
Aparatul de proiecție


Lentilele concentrează lumina asupra obiectului.
Imagine răsturnată, mărită (imaginea reală se așază cu capul în jos, astfel imaginea de aici va fi corectă).
Raze luminoase
Sursă de lumină foarte puternică
Imaginea reală
Lentila de proiecție formează imaginea pe ecran.
Ecran

Telescopul

Instrument optic, folosit pentru mărirea obiectelor foarte îndepărtate (și de aceea aparent foarte mici).

Telescopul/Luneta


Obiect (de exemplu o stea) considerat la distanță infinită
Lentilele telescopului astronomic în ajustare normală
Razele de la vârful obiectului sunt considerate paralele.
Lentila ocularului
Razele de la baza obiectului (prezentată una) sunt paralele cu axul optic.
Lentila obiectivului
Imaginea finală văzută de ochi este răsturnată, formată la infinit și este o imagine virtuală*.
Imaginea formată de obiectiv se comportă ca un obiect pentru ocular.

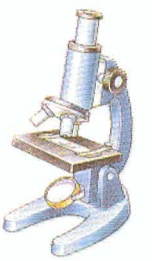
Unghiul vizual

Unghiul de la nivelul ochiului, format de razele ce vin de la vârful și baza unui obiect sau ale imaginii sale. Cu cât este mai mare, cu atât obiectul pare mai mare. Instrumentele optice care produc mărirea, de exemplu **microscopul**, creează o imagine al cărei unghi vizual este mai mare decât obiectul studiat cu ochiul liber. **Mărirea unghiulară** sau **puterea de mărire** (vezi mai jos) a unui astfel de instrument măsoară capacitatea de mărire a instrumentului.

$$\text{Mărirea unghiulară} = \frac{\text{unghiul vizual al imaginii}}{\text{unghiul vizual al obiectului}}$$

Aberația cromatică sau cromatismul

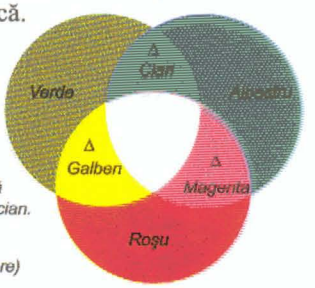
Haloul de culori (**spectrul de lumină vizibilă** – vezi jos, stânga) văzut uneori în jurul imaginii observate prin lentile. Se produce prin **dispersie**. Pentru a o evita, instrumentele optice de calitate conțin una sau mai multe **lentile acromatice** – fiecare fiind alcătuită din 2 lentile combinate astfel ca orice dispersie produsă de o lentilă să fie corectată de cealaltă.



Lentilele acromatice din microscoapele compuse minimalizează aberația cromatică.

Culorile primare

Lumina roșie, albastră și verde – culori care nu pot fi obținute din combinarea altor lumini colorate. Prin amestecarea lor în proporțiile corecte, se poate produce orice culoare din **spectrul de lumină vizibilă**. Rețineți că acestea sunt culori primare monocromatice – dar nu și cele despre care se vorbește în artă (roșu, albastru și galben), deoarece pe picturi, **culorile se amestecă.**



Culorile primare

Culorile complementare sunt două culori care prin amestecare produc lumină albă, de exemplu, roșu și cian.

Δ = culori secundare (combinații de culori primare)

Amestecul culorilor

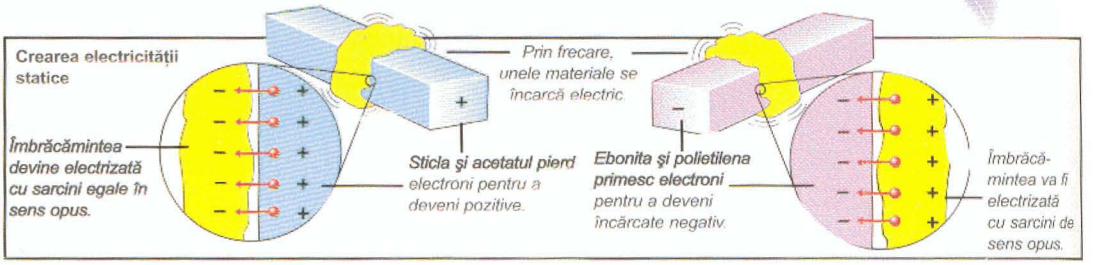
Dacă lumina albă cade pe un filtru monocromatic, prin filtru trece numai aceeași culoare (**lungimile de undă***) ca și filtrul (celelalte culori sunt absorbite). Acesta este **amestecul substractiv** sau **amestecul culorii prin substracție**. Dacă lumina a două culori diferite astfel obținute cade pe o suprafață albă, ochiul percepe o a treia culoare (amestecul celor două). Acesta este **amestecul aditiv** sau **amestecul culorii prin adiție**.

Acest bec de lumină e albastru, deoarece lasă să pătrundă prin el numai lumina albastră (celelalte culori au fost absorbite de învelișul albastru).

*Oglinzi sferice, 48; **Lentile**, **Axă optică principală**, 52; **Prismă**, 51; **Imagine reală**, 49 (Imaginea); **Refracție**, 50; **Imagine virtuală**, 49 (Imaginea); **Lungime de undă**, 34.

ELECTROSTATICA

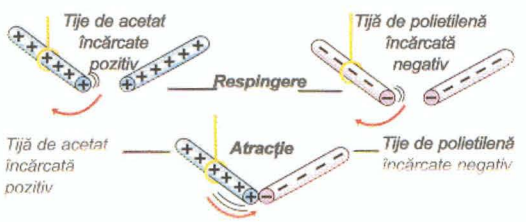
Electricitatea este fenomenul cauzat de prezența sau mișcarea sarcinilor electrice (**electroni*** sau **ioni***) care exercită o **forță electrică***. Dacă o substanță are un surplus de electroni, această substanță este încărcată negativ și respectiv pozitiv, dacă are un deficit de electroni. **Curentul** electric (vezi pagina 60) este mișcarea ordonată a sarcinilor prin substanțe. (Într-un metal, electronii sunt cei care se deplasează.) Aparent, aceasta este în contradicție cu denumirea de **electrostatică**, care studiază sarcinile electrice în repaus.


Crearea electricității statice
Prin frecare, unele materiale se încarcă electric.
Îmbrăcămintea devine electrizată cu sarcini egale în sens opus.
Sticla și acetatul pierd electroni pentru a deveni pozitive.
Ebonita și polietilena primesc electroni pentru a deveni încărcate negativ.
Îmbrăcămintea va fi electrizată cu sarcini de sens opus.

Prima lege a electrostaticii

Corpurile cu aceeași sarcină se resping, iar corpurile cu sarcini diferite se atrag. Particula încărcată electric atrage întotdeauna un **conductor** neîncărcat prin **inducție**.

Atracția și respingerea



Conductorul

Un corp care conține o cantitate mare de sarcini (electroni) libere (vezi și **conductibilitatea**, pagina 63). De aceea, acesta poate să **conducă** electricitatea (să poarte un **curent** electric – vezi introducerea). Metalele, de exemplu cuprul, aluminiul și aurul, sunt bune conducătoare, deoarece conțin un mare număr de electroni liberi.

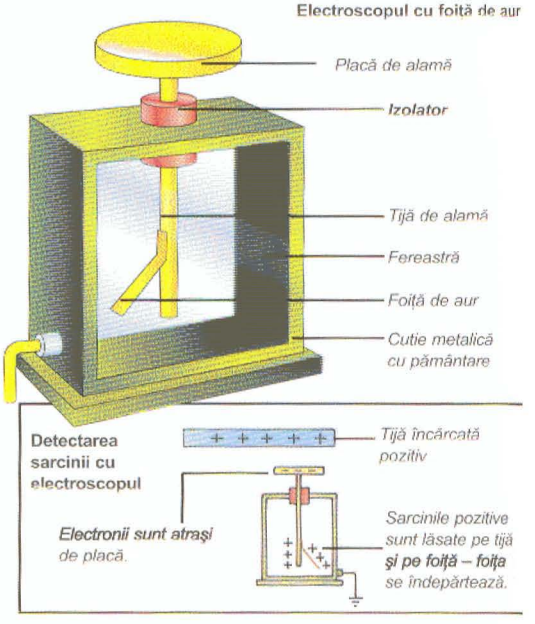
Izolatorul

Un material cu foarte puține sarcini (electroni) libere (rău **conducător**). Unele izolatoare se încarcă electric prin frecare. Acest lucru se datorează faptului că electronii de la suprafață sunt transferați de la o substanță la alta, dar sarcina rămâne la suprafață.

Electroscopul

Instrument pentru detectarea cantităților mici de sarcini electrice. **Electroscopul obișnuit** este cel cu foiță de aur. Când foița și tija se încarcă, ele se resping și foița se îndepărtează de tijă. Cu cât sarcina electrică este mai mare, cu atât foița se îndepărtează mai mult. **Electroscopul cu condensator** conține între placă și cutie un **condensator*** care mărește sensibilitatea.

Electroscopul cu foiță de aur

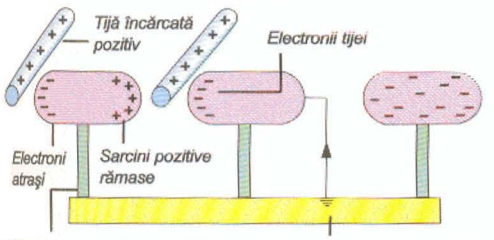

Placă de alamă
Izolator
Tijă de alamă
Fereastră
Foiță de aur
Cutie metalică cu pământare
Detectarea sarcinii cu electroscopul
Tijă încărcată pozitiv
Electronii sunt atrași de placă.
Sarcinile pozitive sunt lăsate pe tijă și pe foiță – foița se îndepărtează.

*Condensator, 59; Forță electrică, 83; Ioni, 88 (Ionizarea).

Inducția sau **inducția electrostatică**

Procesul prin care un **conductor** se încarcă sub acțiunea altor sarcini electrice, fără să existe contact între ele. În general, datorită respingerii sau atracției sarcina electrică este indusă la extremitățile corpului. Prin deplasarea unor sarcini, corpul rămâne permanent electrizat.

Încărcarea unui conductor prin inducție



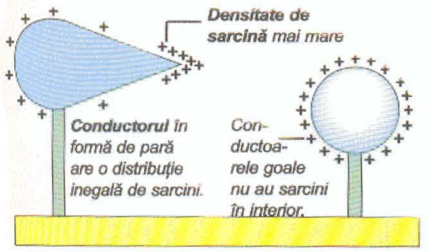
Disc pentru transfer de sarcină

Un disc mic construit dintr-un **conductor** montat pe un mâner **izolator**. Se utilizează la transferul sarcinilor dintre corpuri.

Densitatea superficială de sarcină

Cantitatea de sarcină electrică pe unitatea de suprafață a unui corp. Este mai mare unde suprafața este mai curbată, fapt ce duce la concentrarea sarcinilor în anumite puncte de vârf (vezi **ionizarea produsă de vârfuri**). Numai sfera are densitatea de sarcină constantă.

Variații ale densității de sarcină


Densitate de sarcină mai mare
Conductorul în formă de pară are o distribuție inegală de sarcini.
Conductoarele goale nu au sarcini în interior.

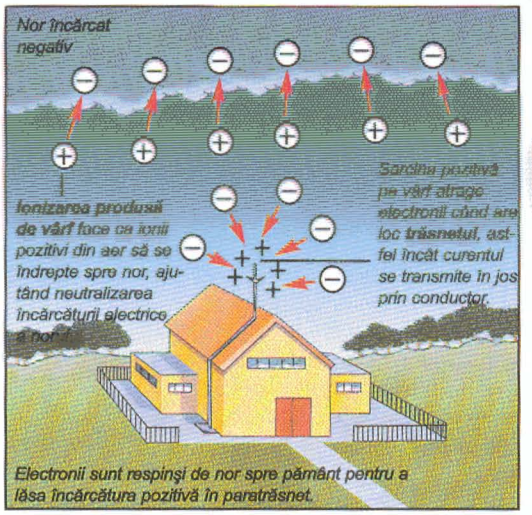
Ionizare produsă de vârfuri

Care are loc în jurul unui vârf ascuțit de pe suprafața unui corp încărcat pozitiv. Ionii pozitivi din aer sunt respinși de sarcinile electrice din acel punct (vezi **densitatea superficială de sarcină**). Acestea se ciocnesc cu moleculele de aer care pierd electroni pentru a produce alți ioni pozitivi care vor fi respinși.

Trăsnetul

Descărcarea electrică între vârful și baza norului încărcat electric, datorită electrizării picăturilor de apă prin frecare. **Paratrăsnetul** atrage sarcinile (dacă e pozitiv și baza norului negativ), în caz contrar, sarcinile negative se scurg de pe paratrăsnet spre nor. Trăsnetul este asemănător efectului obținut într-un **tub de descărcare***.

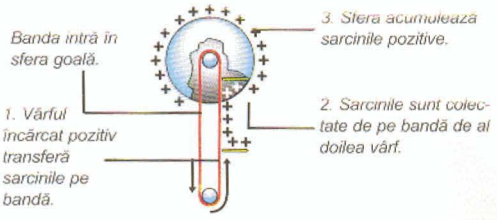
Acțiunea paratrăsnetului


Nor încărcat negativ
Ionizarea produsă de vârf face ca ionii pozitivi din aer să se îndrepte spre nor, ajutând neutralizarea încărcăturii electrice a norului.
Sarcina pozitivă pe vârf atrage electronii când are loc trăsnetul, astfel încât curentul se transmite în jos prin conductor.
Electronii sunt respinși de nor spre pământ pentru a lăsa încărcătura pozitivă în paratrăsnet.

Generatorul Van de Graaff

Se bazează pe încărcarea electrică a unei sfere metalice goale, prin **ionizare produsă de vârf** cu ajutorul unei benzi electrizate prin frecare.

Generatorul Van de Graaff


Banda intră în sfera goală.
1. Vârful încărcat pozitiv transferă sarcinile pe bandă.
3. Sfera acumulează sarcinile pozitive.
2. Sarcinile sunt colectate de pe bandă de al doilea vârf.

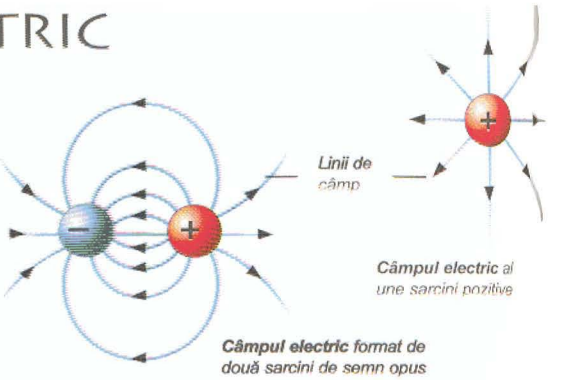
Electroforul

Mașină electrostatică alcătuită dintr-un **izolator** cilindric și un disc de alamă atașat, cu mâner izolant. Se utilizează pentru producerea mai multor sarcini pozitive dintr-o sarcină negativă.

*Tub de descărcare, 80, Energie mecanică, 9.

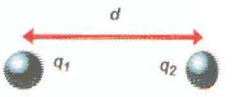
POTENȚIALUL ELECTRIC

Una sau mai multe sarcini electrice creează un **câmp electric**, adică un **câmp de forță** în care particulele încărcate electric interacționează prin **forță electrică***. Intensitatea unui câmp electric într-un punct este forța pe unitatea de sarcină pozitivă din acel punct, iar sensul lui coincide cu sensul forței (vezi și paginile 104-107). Corpurile încărcate dintr-un câmp electric au **energie potențială** datorită sarcinilor electrice și poziției lor. **Potențialul** electric este proprietatea câmpului (vezi jos).



$$F \propto \frac{q_1 q_2}{d^2}$$

unde F = **forța electrică***
q_1, q_2 = mărimea sarcinilor
d = distanța dintre sarcini

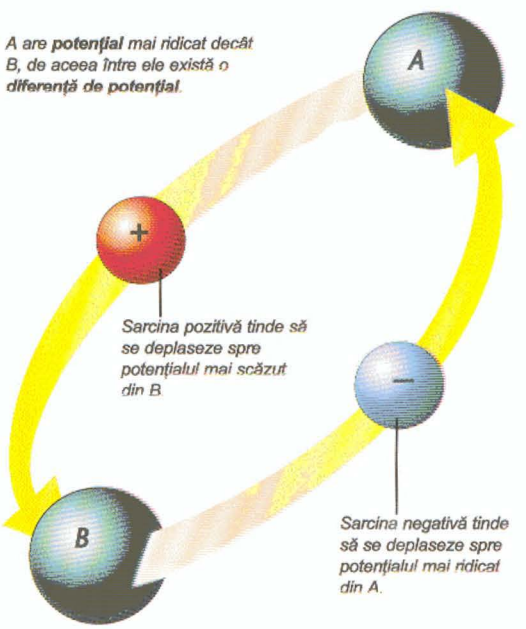


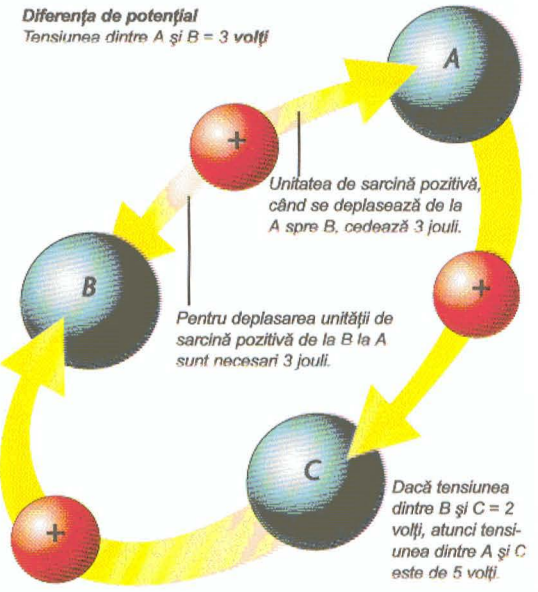
Potențialul electric

Energia potențială* pe unitatea de sarcină într-un punct al câmpului electric este lucrul mecanic efectuat pentru deplasarea unei sarcini pozitive în acest punct. Energia potențială a unei sarcini depinde de potențialul electric al poziției sale și de mărimea sa. Sarcina pozitivă tinde să se deplaseze spre punctele cu potențial mai scăzut. Potențialul nu se poate măsura, ci se măsoară **diferența de potențial** dintre două puncte.

Diferența de potențial/Tensiunea

O diferență de **potențial** dintre două sarcini, egală cu schimbul de energie când, în câmpul electric, o unitate de sarcină se mișcă dintr-un punct în altul. Unitatea de măsură a tensiunii este **voltul** (uneori **voltaj**). Dacă o sarcină de un **coulomb*** se deplasează între două puncte cu tensiunea de un volt, atunci există un schimb de energie de un joule. Se alege un punct de referință (de obicei pământul) cu un potențial dat egal cu zero.


A are potențial mai ridicat decât B, de aceea între ele există o diferență de potențial.
A
B
Sarcina pozitivă tinde să se deplaseze spre potențialul mai scăzut din B
Sarcina negativă tinde să se deplaseze spre potențialul mai ridicat din A


Diferența de potențial
Tensiunea dintre A și B = 3 volți
A
B
C
Unitatea de sarcină pozitivă, când se deplasează de la A spre B, cedează 3 jouli.
Pentru deplasarea unității de sarcină pozitivă de la B la A sunt necesari 3 jouli.
Dacă tensiunea dintre B și C = 2 volți, atunci tensiunea dintre A și C este de 5 volți.

Suprafață echipotențială

Suprafața pe care **potențialul** este constant.

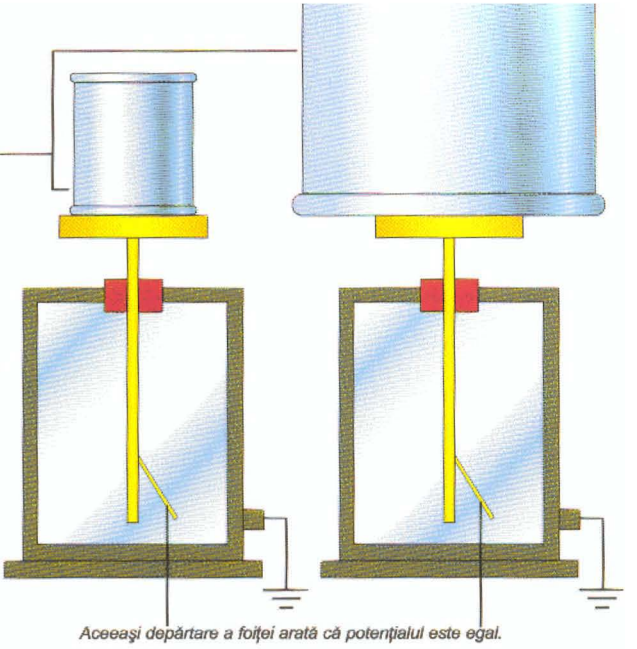
*Coulomb, 60; Forță electrică, Câmp de forță, 6; Energie potențială, 8.

Capacitatea electrică

Când un **conductor*** este încărcat electric, va fi caracterizat prin **potențial**.

Capacitatea sau **capacitatea** electrică este raportul dintre sarcina primită de un corp și potențialul său.

Pentru schimbarea potențialului cu aceeași valoare, un corp cu capacitate mai mare necesită o sarcină mai mare.


Două cutii din metale diferite au capacitate diferită.
Pentru ca **potențialul** (V) celor două cutii să fie egal, cutia mai mare trebuie să mai primească sarcina (Q) – are capacitate mai mare.
Aceeași depărtare a foiței arată că potențialul este egal.

$$C = \frac{Q}{V}$$

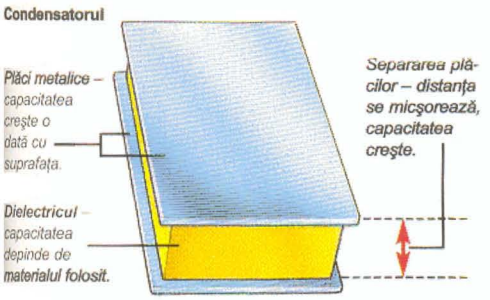
*unde C = **capacitate**; Q = **sarcină**; V = **potențial***

Farad

Unitatea de măsură pentru capacitatea electrică. Reprezintă capacitatea unui corp al cărui **potențial** s-a mărit cu un volt când s-a încărcat cu o sarcină de un **coulomb***.

Condensatorul

Dispozitiv pentru înmagazinarea sarcinii electrice, alcătuit din două plăci paralele de metal (armături) despărțite de un material izolator, numit **dielectric.** Capacitatea unui condensator depinde de dielectricul utilizat, deci dielectricul se alege astfel încât să se obțină și capacitatea dorită.


Condensatorul
Plăci metalice – capacitatea crește o dată cu suprafața.
Dielectricul – capacitatea depinde de materialul folosit.
Separarea plăcilor – distanța se micșorează, capacitatea crește.

Permitivitatea dielectricului

Raportul dintre **capacitatea** unui condensator cu un **dielectric** dat și capacitatea aceluiași condensator cu vid între plăci. Deci, această valoare este factorul prin care capacitatea crește prin utilizarea unui dielectric în locul vidului.

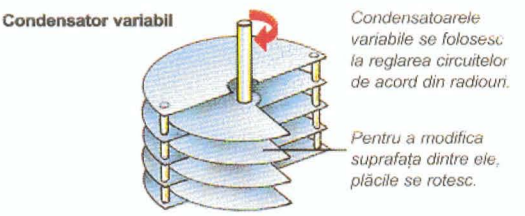
(Dacă un loc de vid se folosește cu aer, rezultatul poate fi foarte asemănător).

Condensatorul electrolitic

Este un **condensator** cu un **dielectric** de electrolit care oferă o capacitate foarte mare pe volum mic. Datorită naturii dielectricului, condensatorul trebuie să fie conectat corect la sursa electrică.

Condensatorul variabil

Condensatorul alcătuit dintr-un sistem de plăci (una fixată și una mobilă), având un **dielectric** de aer. Mărimea suprafeței comune a plăcilor se modifică schimbând capacitatea.

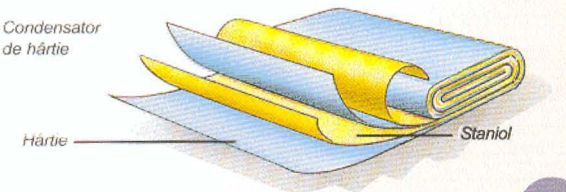

Condensator variabil
Condensatoarele variabile se folosesc la reglarea circuitelor de acord din radiouri.
Pentru a modifica suprafața dintre ele, plăcile se rotesc.

Butelia de Leyda

Condensatorul format dintr-o butelie de sticlă căptușită în interior și exterior cu o folie. A fost printre primele condensatoare inventate.

Condensatorul de hârtie

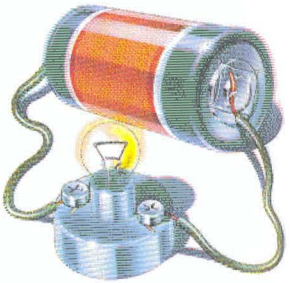
Condensatorul construit din două plăci de staniol lungi, despărțite de un **dielectric** subțire de hârtie ceruită.



*Conductor, 56; Coulomb, 60.

CURENTUL ELECTRIC

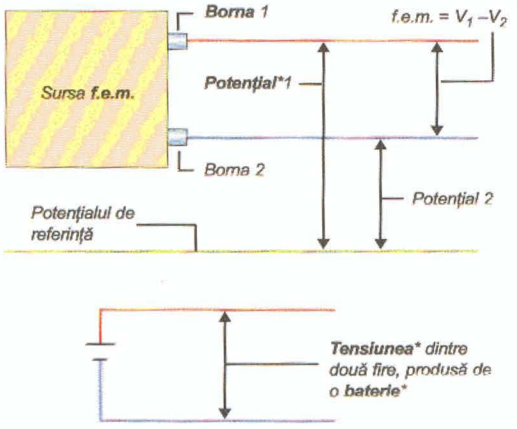
Curentul electric (**I**) reprezintă deplasarea ordonată a sarcinii electrice. În conductoarele metalice, sarcinile care se deplasează sunt alcătuite din electroni (particule încărcate negativ – vezi pagina 83), care se deplasează pentru că între două puncte situate într-un **câmp electric*** există o **tensiune***. Pentru producerea unui curent electric este necesară o **diferență de potențial. Circuitul** este un contur închis, format dintr-o sursă care asigură diferența de potențial, consumator și fire de legătură.



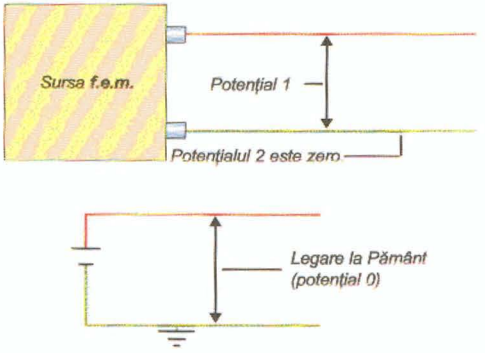
Această baterie (sursă de curent), firele și becul formează un circuit

Forța electromotoare (f.e.m.)

Diferența de potențial produsă de o **pilă electrică***, **baterie*** sau **generator***, care produce curentul. Sursa f.e.m. are două **borne** (locul în care sunt legate firele) între care se menține o diferență de potențial. Forța contraelectromotoare este o **f.e.m.** produsă de una din componentele circuitului, care se opune f.e.m. principale.

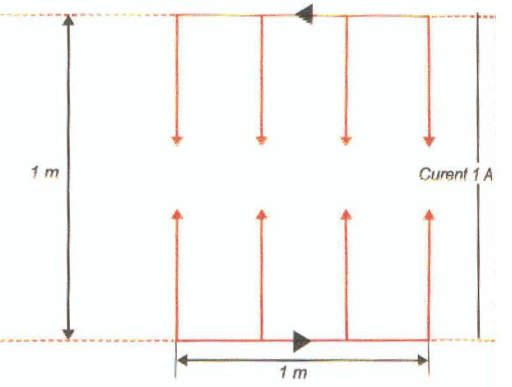


*O **bornă** conectată la **potențialul*** de referință*



Amperul (A)

Unitatea de măsură în SI* pentru intensitatea curentului (vezi și pagina 96). Un amper este curentul care, dacă parcurge două fire paralele infinit de lungi, aflate la 1 metru distanță în vid, produce o forță de 2×10^{-7} N pe metru de fir. Curentul se măsoară cu precizie cu ajutorul balanței de curent care, adoptând teoria de mai sus, măsoară forța dintre două bobine de sârmă prin care trece curentul. **Ampermetrele*** se **calibrează*** cu balanțele de curent.



Forța dintre fiecare metru de fir = 2×10^{-7} N

Coulomb

Unitatea de măsură a sarcinii electrice în **SI***. Este egal cu cantitatea de electricitate transportată printr-o secțiune a conductorului, când prin conductor trece un curent cu intensitatea de un **amper** în timp de o secundă.

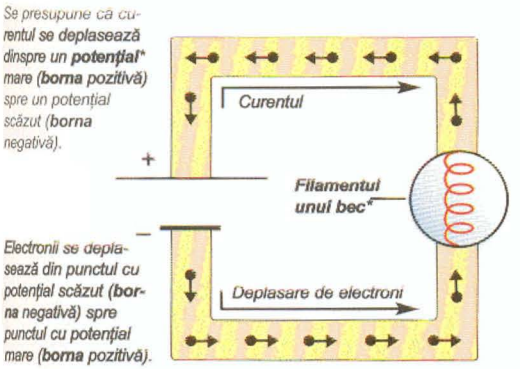
$$Q = I \times t$$

*unde Q = cantitate de electricitate în **coulombi** care trece printr-o secțiune; I = curentul; t = timp*

*Ampermetru, 77; **Baterie**, 68; **Calibrare**, 115; **Pilă electrică**, 68; **Câmp electric**, 58; **Generator**, 78; **Potențial, Tensiune**, 58; **Unități SI**, 96.

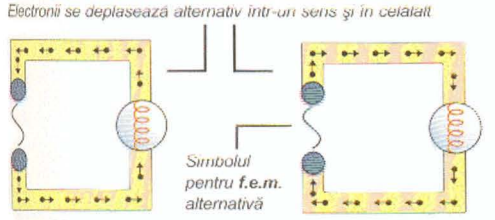
Curentul continuu (c.c.)

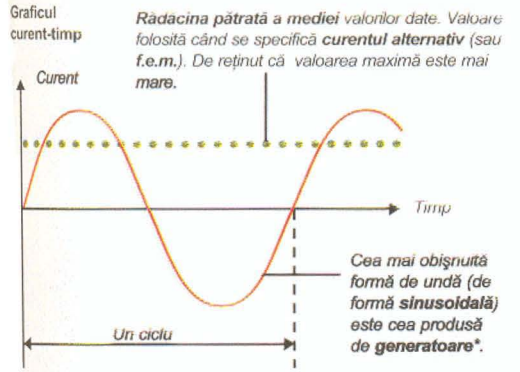
Curentul care se deplasează numai într-un sens. Inițial s-a crezut că curentul se deplasează dintr-un punct cu **potențial*** mai crescut spre un punct cu potențial mai scăzut. De fapt, electronii se deplasează în sens opus, dar convenția s-a păstrat.


Se presupune că curentul se deplasează dinspre un potențial* mare (borna pozitivă) spre un potențial scăzut (borna negativă).
Curentul
+
Filamentul unui bec*
–
Electronii se deplasează din punctul cu potențial scăzut (borna negativă) spre punctul cu potențial mare (borna pozitivă).
Deplasare de electroni

Curentul alternativ (c.a.)

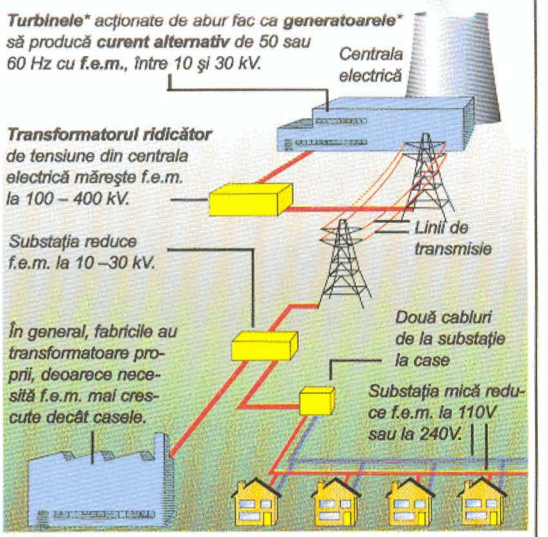
Curentul al cărui sens în circuit se modifică la intervale periodice. Este produs de o forță **electromotoare alternativă**. Dacă se desenează un grafic al curentului în timp se obține forma undei de curent. Curentul alternativ și forțele electromotoare se exprimă în general prin **rădăcina pătrată a mediei** valorilor lor (vezi imaginea de mai jos).



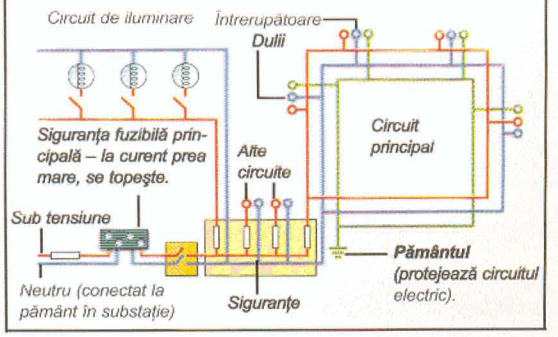

Graficul curent-timp
Rădăcina pătrată a mediei valorilor date. Valoare folosită când se specifică curentul alternativ (sau f.e.m.). De reținut că valoarea maximă este mai mare.
Curent
Timp
Cea mai obișnuită formă de undă (de formă sinusoidală) este cea produsă de generatoare*.
Un ciclu

Centrala electrică

Electricitatea pentru uzul casnic și industrial este produsă de **generatoarele*** uriașe din centralele electrice. Acestea produc **curent alternativ** la o frecvență de 50 sau 60 de Hz. Curentul alternativ, spre deosebire de **curentul continuu**, se poate transforma ușor (vezi **transformatorul**, pagina 79) pentru a produce **tensiuni*** mai mici sau mai mari. Înseamnă că, pentru transmisie, se pot folosi tensiuni mari sau curenți mici, fapt ce reduce considerabil pierderile de tensiune din cablurile de transmisie.


Turbinele* acționate de abur fac ca generatoarele* să producă curent alternativ de 50 sau 60 Hz cu f.e.m., între 10 și 30 kV.
Centrala electrică
Transformatorul ridicător de tensiune din centrala electrică mărește f.e.m. la 100 – 400 kV.
Linii de transmisie
Substația reduce f.e.m. la 10 –30 kV.
În general, fabricile au transformatoare proprii, deoarece necesită f.e.m. mai crescute decât casele.
Două cabluri de la substație la case
Substația mică reduce f.e.m. la 110V sau la 240V.

Toate centralele electrice care produc curent pentru uz casnic sunt alcătuite din cel puțin două cabluri aduse de la o substație, de-a lungul cărora trece **curentul alternativ**. În unele cazuri, unul din cabluri este legat la pământ. În unele țări, ca o măsură de siguranță, există un cablu adițional legat la pământ.



*Filamentul unui bec, 64; **Generator**, 78; **Potențial**, 58; **Tensiune**, 58; **Transformator ridicător de tensiune**, 79; **Turbină**, 115.

LEGILE CIRCUITULUI ELECTRIC

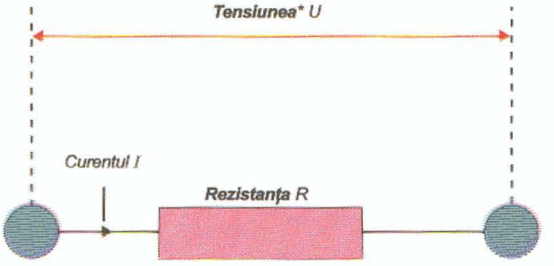
Intensitatea curentului dintr-un circuit depinde atât de componentele în circuit, precum şi de **forţa electromotoare***.
Rezistenţa consumatorilor, câmpurile magnetice şi electrice care apar influenţează curentul.

Legea lui Ohm

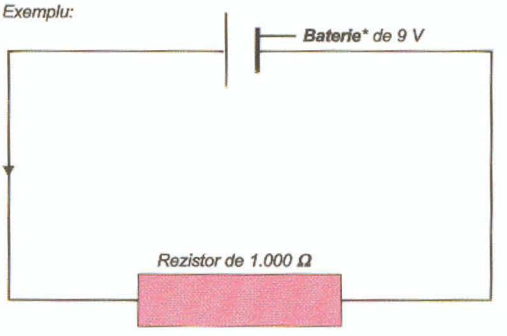
Curentul dintr-un corp la temperatură constantă este direct proporţional cu **tensiunea*** de la bornele acestuia. **Rezistenţa electrică** a unui conductor este egală cu raportul dintre diferenţa de potenţial şi intensitatea curentului. Pentru aplicarea legii, corpul trebuie să fie la temperatură constantă; la creşterea temperaturii, rezistenţa se modifică (vezi şi **filamentul unui bec**, pagina 64). Legea lui Ohm nu se poate aplica **semiconductorilor***.

Legea lui Ohm susţine:

$$\frac{U}{I} = R = \text{constant}$$



Exemplu:



*Curentul de intensitate I prin **rezistorul***

$$I = \frac{U}{R} = \frac{9}{1.000} = 0{,}009A = 9mA$$

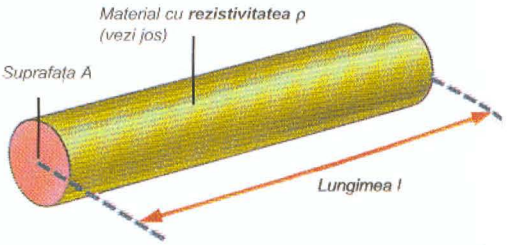
Rezistenţa electrică (R)

Capacitatea unui conductor de a se opune curentului electric. Valoarea ei depinde de **rezistivitatea** substanţei din care este fabricat corpul, de mărimea şi de forma acestuia. Unitatea de măsură a rezistenţei este **ohmul** (Ω). Electronii care se deplasează prin corp se lovesc de atomi, primesc energie, încălzind corpul, şi utilizează energia primită de la sursa cu o **forţă electromotoare***.

*Valoarea la care, datorită **rezistenţei**, energia electrică se modifică (adică **puterea***) se poate calcula astfel:*

Puterea = $IU = I^2R$

unde I = intensitatea curentului
*U = **tensiunea*** *prin rezistenţă*
R = rezistenţa



***Rezistenţa** este invers proporţională cu suprafaţa şi direct proporţională cu lungimea.*

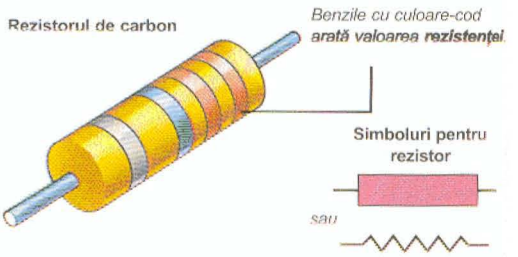
$$R = \frac{\rho l}{a}$$

Rezistivitatea (ρ)

Capacitatea unei substanţe de a rezista la trecerea curentului. **Conductorii*** buni au o rezistivitate scăzută, iar **izolatorii*** au rezistivitate ridicată. Aceasta este **inversul* conductivităţii** substanţelor şi este dependent de temperatură.

Rezistorul

Un dispozitiv cu o valoare specifică a **rezistenţei**. Rezistorii pot avea valori de la sub un ohm la mai multe milioane de **ohmi**. Cel mai obişnuit model este **rezistorul de carbon**, fabricat din carbon comprimat de **rezistivitate** cunoscută.



*Baterie, 68; **Conductor**, 56; **Forţă electromotoare (f.e.m.)**, 60; **Izolator**, 56; **Tensiune**, 58; **Inversul**, 115; **Semiconductori**, 65.

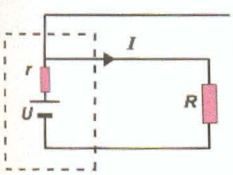
Conductivitatea

Capacitatea unei substanţe de a permite trecerea curentului (vezi şi **conductorul** şi **izolatorul**, pagina 56). Reprezintă inversul **rezistivităţii**.

Rezistenţa internă (r)

Rezistenţa interioară a unei **pile electrice*** sau **baterii*** la curentul pe care îl produce. Reprezintă rezistenţa legăturilor din aparat şi la anumite efecte chimice (de exemplu, **polarizarea**). Astfel, curentul dintr-un circuit este mai mic decât cel la care ne-am putea aştepta.

Rezistenţa internă face parte din *rezistenţa* circuitului.



Rezistenţa internă este reprezentată în pila electrică prin simbolul rezistorului.*

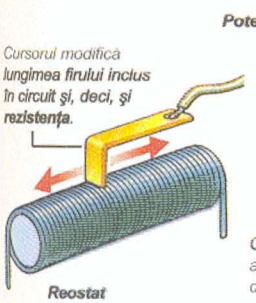
Din legea lui Ohm:

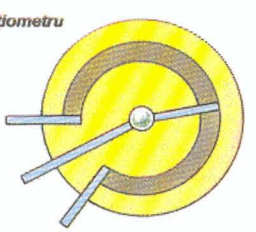
$$U = I\,(R + r)$$

Reostat

Un dispozitiv a cărui **rezistenţă** se poate modifica mecanic. Este un fir de o anumită **rezistivitate**, înfăşurat pe un tambur pe care se mişcă un contact (pentru curenţii de înaltă intensitate) sau un arc de carbon cu un contact mobil. Reostatul cu cursor se poate utiliza ca **divizor de tensiune**. Acesta este **potenţiometrul**.

Tipuri de rezistori variabili



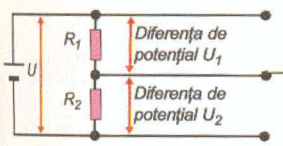


Cursorul se mişcă pe arcul de carbon cu ajutorul unui ac, modificând lungimea din circuit şi deci şi rezistenţa.

Divizorul de tensiune sau potenţiometru

Un dispozitiv folosit la divizarea unei **tensiuni*** dintr-o altă tensiune mai mare.

Potenţiometru în circuit electric



Potenţialul acestui punct depinde de R_1 şi R_1.

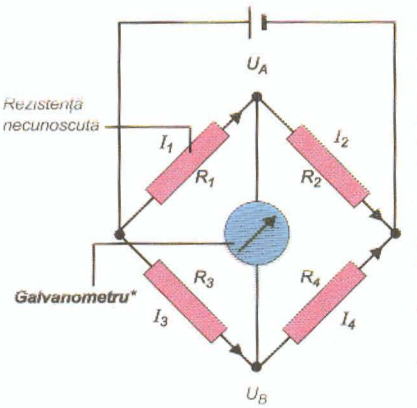
Puntea Wheatstone

Un circuit folosit pentru măsurarea unei **rezistenţe** necunoscute (vezi diagrama). Când **galvanometrul*** nu indică trecerea curentului, valoarea necunoscută a unui **rezistor** poate fi calculată din celelalte trei.

Aşa-numita **punte metrică** este o variantă a punţii Wheatstone, în care două din rezistoare sunt înlocuite cu un metru de fir cu rezistenţă mare.

În circuitul prezentat mai jos, poziţia acului de la galvanometru pe fir dă raportul R_3/R_4.

Punte Wheatstone



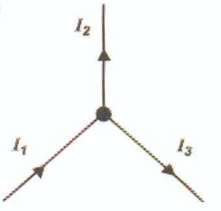
Rezistenţele R_2, R_3 şi R_4 sunt ajustate până când curentul nu mai trece prin galvanometru.

Atunci $V_A = V_B$, $I_1 = I_2$ şi $I_3 = I_4$ şi se poate arăta că $R_1/R_2 = R_3/R_4$.

Apoi se calculează R_1.

Legile lui Kirchhoff

Legi pentru circuite electrice cu ramificaţii. Prima lege susţine că intensitatea totală a curentului care intră într-un nod de reţea este egală cu intensitatea curenţilor care ies din nodul de reţea. A doua lege susţine că suma **tensiunilor*** de-a lungul unui ochi de reţea, care, pentru fiecare **rezistor** este produsul dintre intensitatea curentului şi **rezistenţă**, este egală cu **forţa electromotoare*** aplicată circuitului.



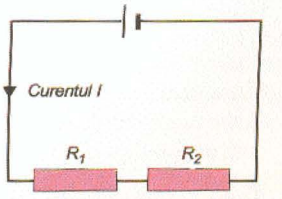
Prima lege a lui Kirchhoff

$$I_1 = I_2 + I_3$$

Legea a doua a lui Kirchhoff:

$$U = IR_1 + IR_2$$

F.e.m. U*



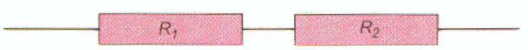
*Baterie, Pilă electrică, 68; **Forţă electromotoare (f.e.m.)**, 60; **Galvanometru**, 77; **Polarizare**, 68; **Tensiune**, 58.

Gruparea în serie și în paralel

Conexiunea rezistoarelor una după alta, respectiv cu capetele legate între aceleași două puncte.

Rezistori* în serie

Rezistența totală $R_T = R_1 + R_2$



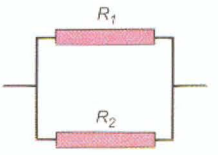
Condensatoare* în serie

Capacitatea* totală $\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$

Rezistori* în paralel

Rezistența* totală

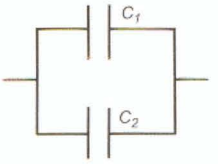
$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$



Condensatoare* în paralel

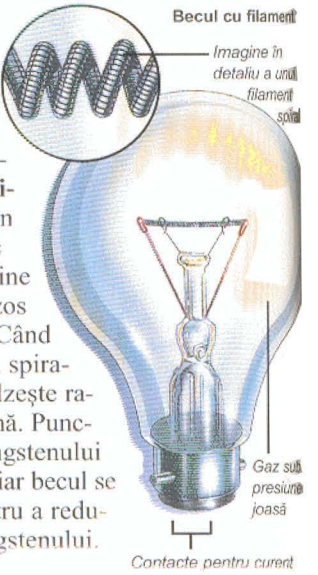
Capacitatea* totală

$C_T = C_1 + C_2$



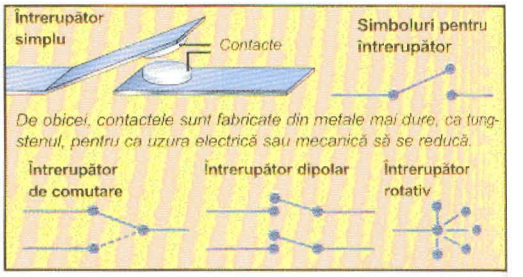
Filamentul unui bec

Alcătuit dintr-un fir în formă de spirală de tungsten (**filamentul**), situat în interiorul unui bec de sticlă care conține argon sau azot gazos la presiune mică. Când curentul trece prin spirală, aceasta se încălzește rapid și emană lumină. Punctul de topire al tungstenului este foarte ridicat, iar becul se umple cu gaz pentru a reduce evaporarea tungstenului.



Întrerupătorul

Un dispozitiv, de obicei mecanic, care se utilizează pentru închiderea sau întreruperea unui circuit. **Releul*** se folosește când un curent de intensitate mică trebuie să pornească sau să oprească un circuit de intensitate mai mare.


Întrerupător simplu
Contacte
Simboluri pentru întrerupător
De obicei, contactele sunt fabricate din metale mai dure, ca tungstenul, pentru ca uzura electrică sau mecanică să se reducă.
Întrerupător de comutare
Întrerupător dipolar
Întrerupător rotativ

Impedanța

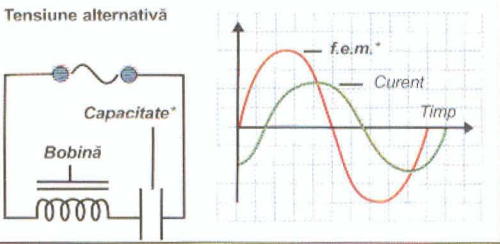
Raportul dintre **tensiunea*** aplicată unui circuit și **curentul alternativ*** care trece prin el. Se datorează **rezistenței*** circuitului și **reactanței**. Efectul impedanței este acela că **f.e.m.** și curentul pot fi în opoziție de fază.

Reactanța

Partea „reactivă" a **impedanței în curent alternativ*** este produsă de **capacitatea*** și **inductanța** dintr-un circuit care, la schimbarea curentului, schimbă **forțele electromotoare***.

Inductanța

O parte a **impedanței** unui circuit datorate afectării **f.e.m.*** (vezi și **inducția electromagnetică**, pagina 78) prin variația curentului. Are loc într-un dispozitiv numit **bobină**.



*Curent alternativ, 61; Capacitate, Condensator, 59; Forță electromotoare (f.e.m.), 60; Tensiune, 58; Releu, 75; Rezistență, Rezistor, 62.

SEMICONDUCTORI

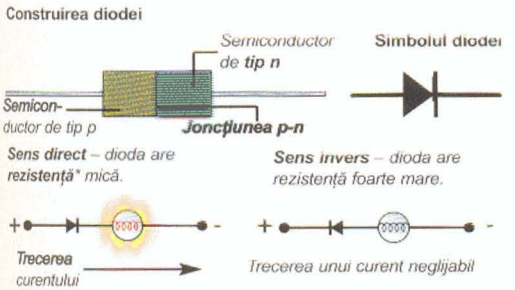
Semiconductorii sunt materiale ale căror **rezistivitate*** se află între cea a **conductorilor** şi a **izolatorilor** (vezi pagina 56) şi care scade o dată cu creşterea temperaturii sau cu creşterea cantităţii de impurităţi (vezi mai jos **dopajul**). Sunt utilizaţi în circuitele electronice (vezi şi pagina 111).

Dopajul

Introducerea unei mici cantităţi de impurităţi într-un semiconductor. În funcţie de impuritatea folosită, semiconductorii pot fi de **tip p** sau de **tip n**. La construirea **diodelor** şi **tranzistoarelor** se folosesc ambele tipuri.

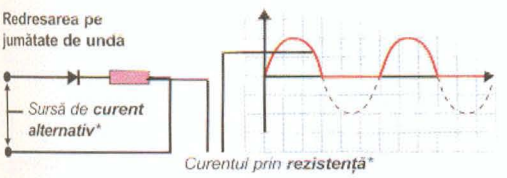
Dioda semiconductoare

Un dispozitiv alcătuit dintr-un semiconductor de **tip p** (vezi **dopajul**) şi un semiconductor de **tip n**, uniţi între ei. Are o **rezistenţă*** foarte mică pe o direcţie (**sens direct**) şi o rezistenţă foarte ridicată pe cealaltă direcţie (**sens invers**).



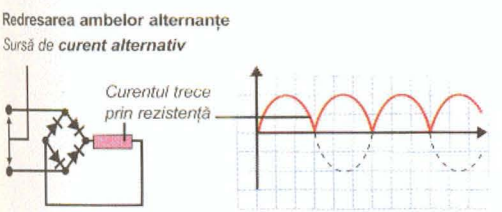
Redresarea unei singure alternanţe

Folosirea unei **diode** pentru a transforma **curentul alternativ*** în curent continuu pulsatoriu.



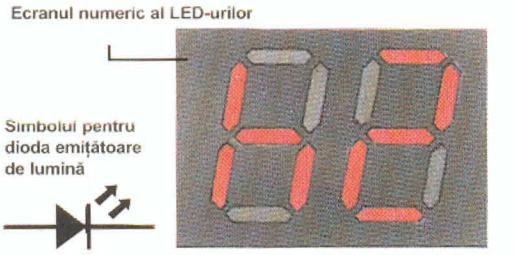
Redresarea ambelor alternanţe

Transformarea **curentului alternativ*** în **curent continuu***.



Dioda emiţătoare de lumină (LED)

Dioda cu o **rezistenţă*** mai mare decât cea obişnuită, în care, în loc de căldură se produce lumină.

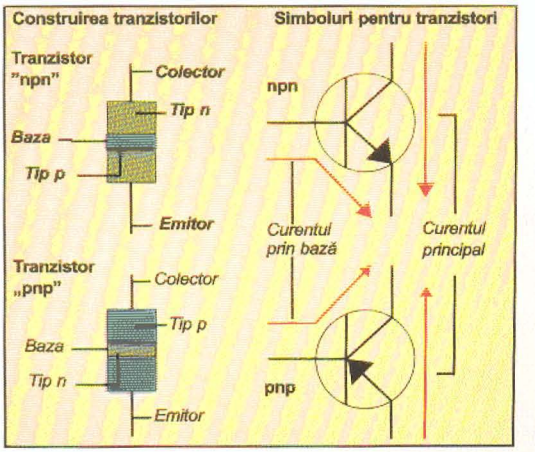


Termistorul

Un dispozitiv semiconductor a cărui **rezistenţă*** variază în funcţie de temperatură, utilizat la detectarea schimbărilor de temperatură în circuitele electronice.

Tranzistorul

Un semiconductor alcătuit, de obicei, din două tipuri de semiconductoare. Prezintă trei conexiuni, **baza**, **colectorul** şi **emitorul** (vezi diagramele de mai jos). Când prin bază trece un curent de intensitate mică, **rezistenţa*** mare dintre colector şi emitor scade. Din acest motiv, acest curent de bază poate influenţa valoarea unei intensităţi la colector mult mai mare decât intensitatea de la emitor.



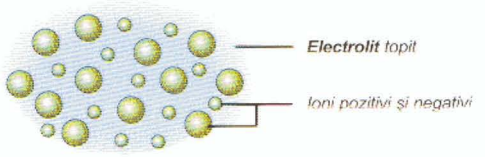
*Curent alternativ, 61; Curent continuu, 61; Rezistenţă, Rezistivitate, Rezistor, 62.

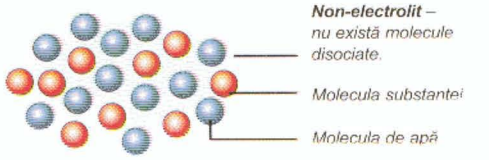
ELECTROLIZA

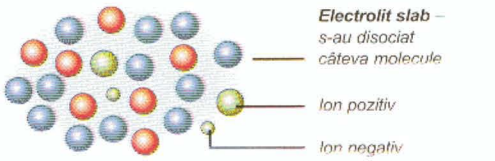
Electroliza este procesul prin care curentul electric trece printr-un lichid (electrolit) care conține **ioni*** (atomi care prin pierderea sau acceptarea unui **electron** s-au încărcat electric) și care are ca rezultat descompunerea lichidului în ioni pozitivi și negativi. Curentul este obținut prin mișcarea dirijată a ionilor din lichid, iar substanța separată se depune pe electrozi. Are numeroase aplicații industriale.

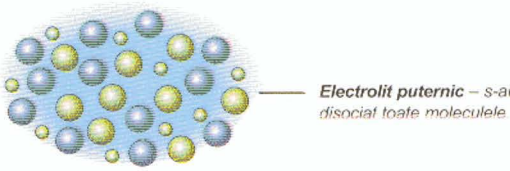
Electrolitul

Soluția apoasă a substanțelor ionice sau în stare topită. Toți compușii care sunt alcătuiți din ioni sau care prin dizolvare se disociază în ioni sunt electroliți. Concentrația ionilor dintr-un electrolit determină capacitatea acestuia de a conduce electricitatea.



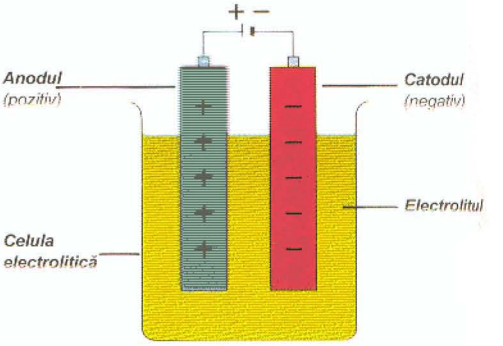






Electrodul

Conductor metalic sau de cărbune dintr-un **electrolit** prin care curentul electric intră sau iese în timpul electrolizei. Sunt necesari doi electrozi – **anodul** (electrodul pozitiv) și **catodul** (electrodul negativ). **Electrodul activ** este cel pe care se depune substanță.



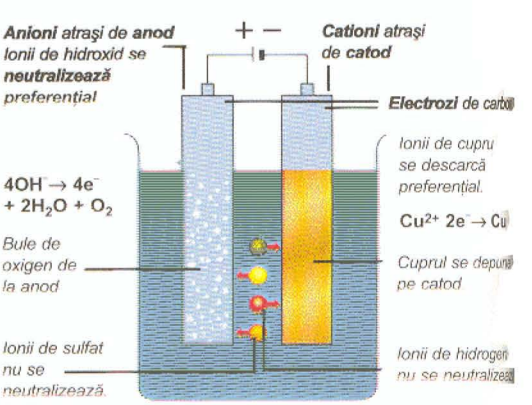
Pila electrică

Vasul în care are loc electroliza. Conține un **electrolit** și **electrozii**.

Teoria ionică a electrolizei

O teorie care încearcă să explice ce se petrece la nivelul electrolitului și **electrozilor** în timpul **electrolizei**. Aceasta susține că **anionii** (ionii negativi) sunt atrași de **anod**, iar **cationii** (ionii pozitivi) sunt atrași de **catod**. Aici ei pierd, respectiv acceptă electroni pentru a forma atomi (**neutralizare**). Dacă există doi sau mai mulți anioni diferiți, se va neutraliza unul preferențial. Acest fenomen se numește **neutralizare preferențială**.

Electroliza soluției de sulfat de cupru

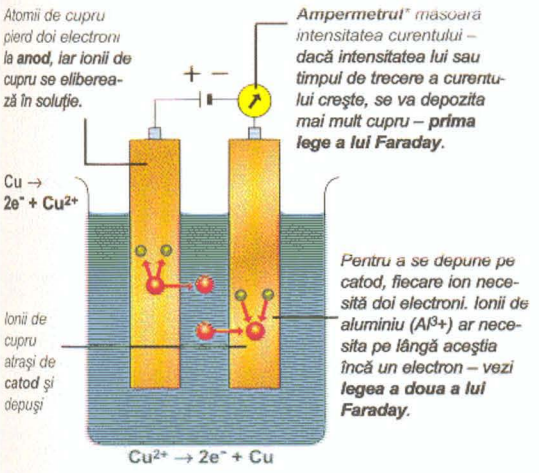

Anioni atrași de anod Ionii de hidroxid se neutralizează preferențial
+ –
Cationi atrași de catod
Electrozi de carbon
Ionii de cupru se descarcă preferențial.
$4OH^- \rightarrow 4e^- + 2H_2O + O_2$
$Cu^{2+} 2e^- \rightarrow Cu$
Bule de oxigen de la anod
Cuprul se depune pe catod
Ionii de sulfat nu se neutralizează.
Ionii de hidrogen nu se neutralizează

*Electroni, 83; Ioni, 88 (Ionizarea).

Legile electrolizei (legile lui Faraday)

Două legi care fac legătura dintre cantitatea de sarcini electrice care trece printr-un **electrolit** cu masa de substanţă depusă. **Prima lege a lui Faraday** susţine că masa de substanţă depusă este proporţională cu cantitatea de sarcină electrică (**echivalentul electrochimic** al substanţei este eliberat de trecerea unui amper într-o secundă). **A doua lege a lui Faraday** susţine că masa de substanţă depusă este invers proporţională cu cantitatea de sarcină electrică transportată.

Electroliza soluţiei de sulfat de cupru cu electrozi de cupru (voltmetru de cupru)

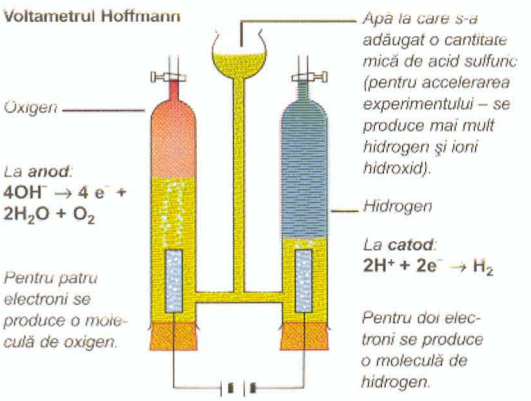

Atomii de cupru pierd doi electroni la anod, iar ionii de cupru se eliberează în soluţie.
Ampermetrul* măsoară intensitatea curentului – dacă intensitatea lui sau timpul de trecere a curentului creşte, se va depozita mai mult cupru – prima lege a lui Faraday.
+ −
Cu → 2e⁻ + Cu²⁺
Ionii de cupru atraşi de catod şi depuşi
Pentru a se depune pe catod, fiecare ion necesită doi electroni. Ionii de aluminiu (Al³+) ar necesita pe lângă aceştia încă un electron – vezi legea a doua a lui Faraday.
Cu²⁺ → 2e⁻ + Cu

Voltametrul

O **pilă electrică** (element galvanic) folosită pentru investigarea relaţiei dintre cantitatea de substanţă produsă la **electrozi** şi curentul care trece prin element. De exemplu, **voltametrul de cupru** (vezi jos stânga) conţine sulfat de cupru şi electrozi de cupru.

Voltametrul Hoffmann

Un **voltametru** utilizat pentru colectarea şi măsurarea volumelor (şi deci a maselor) de gaze eliberate în timpul electrolizei. De exemplu, electroliza apei acidulate produce hidrogen şi oxigen în raport de doi la unu (reţineţi că aceasta reprezintă şi compoziţia chimică a apei, H_2O).


Voltametrul Hoffmann
Apă la care s-a adăugat o cantitate mică de acid sulfuric (pentru accelerarea experimentului – se produce mai mult hidrogen şi ioni hidroxid).
Oxigen
La anod: 4OH⁻ → 4 e⁻ + 2H₂O + O₂
Hidrogen
La catod: 2H⁺ + 2e⁻ → H₂
Pentru patru electroni se produce o moleculă de oxigen.
Pentru doi electroni se produce o moleculă de hidrogen.

Aplicaţiile electrolizei

Galvanostegia

Acoperirea obiectelor metalice, prin electroliză, cu un strat subţire dintr-un alt metal. Obiectul este tocmai **catodul**, iar ionii metalului pentru acoperire se formează în **electrolit**.

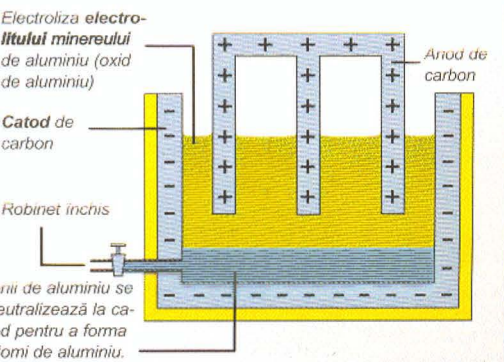
Fierul este ieftin, dar este foarte corosiv, astfel, pentru prevenirea coroziunii, conservele de alimente se acoperă cu un strat foarte fin de staniu (este mai puţin reactiv).

Electropurificarea

Metodă de purificare a metalelor prin electroliză. Metalul impur formează **anodul**, din care ionii metalului se deplasează spre **catod** şi se formează metalul pur. Impurităţile cad pe fundul vasului.

Electrometalurgia

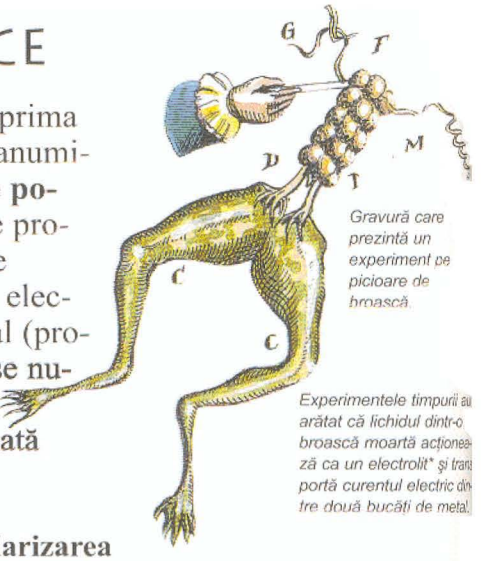
Procesul de obţinere a metalelor din minereu prin electroliză. Metalele foarte reactive se obţin prin acest proces, de exemplu, sodiul şi aluminiul.


Electroliza electrolitului minereului de aluminiu (oxid de aluminiu)
Anod de carbon
Catod de carbon
Robinet închis
Ionii de aluminiu se neutralizează la catod pentru a forma atomi de aluminiu.

*Ampermetru, 77.

ELEMENTE GALVANICE

Omul de ştiinţă italian, Volta, a arătat pentru prima oară că între două metale diferite, aşezate în anumite lichide (**electroliţi***), există o **diferenţă de potenţial*** şi, deci, din energia chimică se poate produce **curent continuu***. Această dispunere se numeşte pilă electrică, element galvanic, pilă electrochimică sau voltaică. Diferenţa de potenţial (produsă de **modificările chimice din element**) se numeşte **forţă electromotoare*** şi mărimea ei depinde de metalul folosit. **Bateria** este formată din două sau mai multe elemente.



Gravură care prezintă un experiment pe picioare de broască.

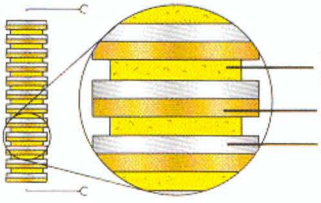
Experimentele timpurii au arătat că lichidul dintr-o broască moartă acţionează ca un electrolit şi transportă curentul electric între două bucăţi de metal.*

Pila voltaică

Prima baterie, alcătuită dintr-o pilă cu discuri de argint şi de zinc despărţite de un carton sau stofă înmuiate în apă sărată. Această dispunere este identică cu cea a mai multor celule simple, legate între ele.

Bateria lui Volta numită pila voltaică

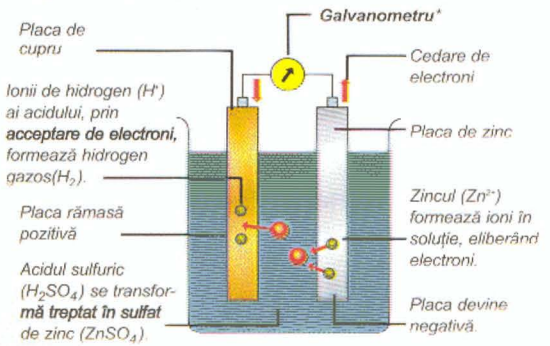
Pila voltaică în detaliu



Element galvanic (pilă electrică)

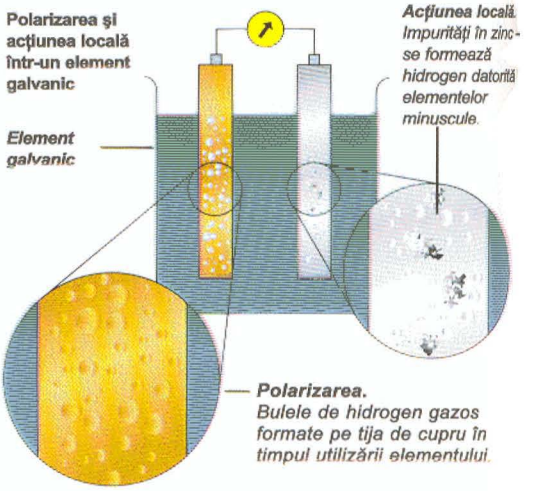
Două tije din metale diferite, despărţite de **electrolitul*** unei soluţii bazice sau acide, plăci de zinc şi cupru şi soluţie de acid sulfuric). Elementul galvanic produce o **forţă electromotoare*** pentru scurt timp, înainte ca **polarizarea** şi **degajarea de hidrogen** să aibă efect.

Acţiunea elementului


Galvanometru*
Placa de cupru
Cedare de electroni
Ionii de hidrogen (H^+) ai acidului, prin acceptare de electroni, formează hidrogen gazos(H_2).
Placa de zinc
Placa rămasă pozitivă
Zincul (Zn^{2+}) formează ioni în soluţie, eliberând electroni.
Acidul sulfuric (H_2SO_4) se transformă treptat în sulfat de zinc ($ZnSO_4$).
Placa devine negativă.

Polarizarea

Formarea bulelor de hidrogen pe placa de cupru dintr-un **element galvanic**. Aceasta reduce **forţa electromotoare*** a elementului, datorită faptului că bulele de hidrogen izolează placa şi că se formează forţa **contraelectromotoare***. Polarizarea se poate anula dacă se adaugă un **agent de depolarizare** care reacţionează cu hidrogenul, formând apă.


Polarizarea şi acţiunea locală într-un element galvanic
Element galvanic
Acţiunea locală. Impurităţi în zinc - se formează hidrogen datorită elementelor minuscule.
Polarizarea. Bulele de hidrogen gazos formate pe tija de cupru în timpul utilizării elementului.

Degajarea de hidrogen

Producerea de hidrogen la nivelul plăcii de zinc dintr-un **element galvanic**. Impurităţile (urme de alte metale) din placa de zinc formează celule simple minuscule care, datorită **polarizării**, formează hidrogen. De asemenea, se produce hidrogen şi în timp ce zincul se dizolvă în acid (chiar şi atunci când elementul nu este în funcţiune). Acţiunea locală poate fi evitată prin acoperirea plăcii cu un **amalgam***.

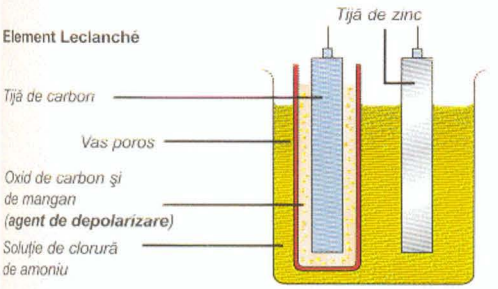
*Amalgam, 115; **Forţă contraelectromotoare**, 60 (**f.e.m.**); **Curent continuu**, 61; **Electrolit**, 66; **Galvanometru**, 77; **Diferenţă de potenţial**, 58.

Cantitatea de electricitate transportată

Caracterizează un element care produce curent într-o anumită perioadă de timp. Se măsoară în **amperi oră**. De ex., un element de 10 amperi oră trebuie să producă în 10 ore 1 amper.

Element Leclanché

Un element în care **polarizarea** este efectuată de dioxidul de mangan (**agent depolarizant**). Acesta face ca rata de eliberare a hidrogenului să fie mai scăzută decât rata de formare a sa, dar când celula nu mai funcţionează, continuă să îndepărteze excesul de hidrogen. Celula furnizează o **forţă electromotoare*** de 1,5 V.


Element Leclanché
Tijă de zinc
Tijă de carbon
Vas poros
Oxid de carbon şi de mangan (agent de depolarizare)
Soluţie de clorură de amoniu

Element galvanic standard

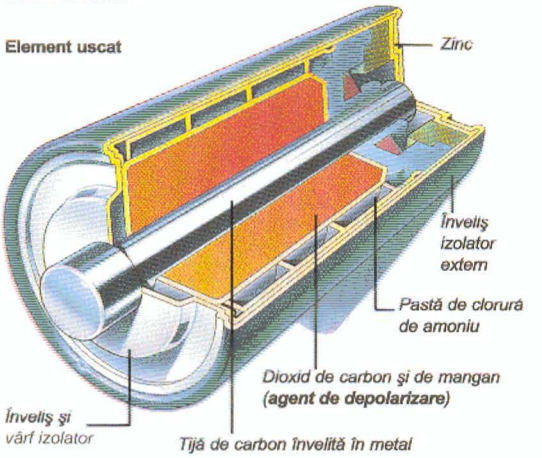
Un element care produce o **forţă electromotoare*** bine cunoscută şi constantă. Este utilizată în laboratoare pentru lucrări experimentale.

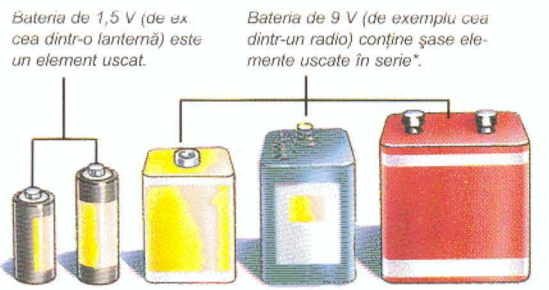
Element galvanic primar

Orice element care are o viaţă limitată, deoarece substanţele chimice din interiorul lui se uzează şi nu pot fi înlocuite cu uşurinţă.

„Elementul uscat"

O variantă a **elementului Leclanché**, în care soluţia de clorură de amoniu este înlocuită cu o pastă care conţine clorură de amoniu. Elementul furnizează o **forţă electromotoare*** de 1,5 V. „Elementul uscat" se deteriorează mai încet, dar durata lui de viaţă este de câteva luni.


Element uscat
Zinc
Înveliş izolator extern
Pastă de clorură de amoniu
Dioxid de carbon şi de mangan (agent de depolarizare)
Înveliş şi vârf izolator
Tijă de carbon învelită în metal


Bateria de 1,5 V (de ex. cea dintr-o lanternă) este un element uscat.
Bateria de 9 V (de exemplu cea dintr-un radio) conţine şase elemente uscate în serie*.

Element galvanic secundar

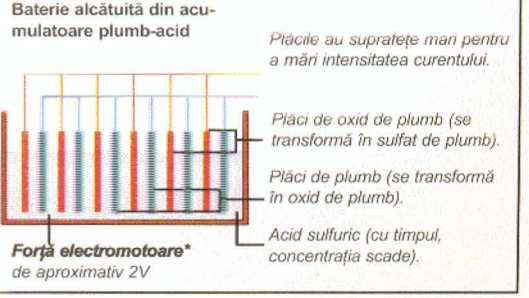
Este numit şi **acumulator**. Este un element care poate fi încărcat prin conectarea la o altă sursă de electricitate. Principalele tipuri sunt **acumulatorul plumb-acid** şi **element alcalin nichel-cadmiu**.

Element alcalin

Un element secundar care conţine un **electrolit*** de soluţie de hidroxid de potasiu. În mod normal, plăcile sunt confecţionate din componente de nichel şi cadmiu (atunci se numeşte **celulă nichel-cadmiu**). Elementele alcaline pot fi lăsate timp de mai multe luni în stare de descărcare, fără ca ele să slăbească.

Acumulatorul plumb-acid

Un **element secundar** care conţine un **electrolit*** de soluţie de acid sulfuric şi plăci confecţionate din plumb şi componente de plumb. Acumulatorul poate furniza un curent foarte mare, deoarece are o **rezistenţă internă*** foarte scăzută.


Baterie alcătuită din acumulatoare plumb-acid
Plăcile au suprafeţe mari pentru a mări intensitatea curentului.
Plăci de oxid de plumb (se transformă în sulfat de plumb).
Plăci de plumb (se transformă în oxid de plumb).
Acid sulfuric (cu timpul, concentraţia scade).
Forţă electromotoare* de aproximativ 2V

*Forţă electromotoare (f.e.m.), 60; **Electrolit**, 66; **Rezistenţă internă**, 63; **Serie**, 64.

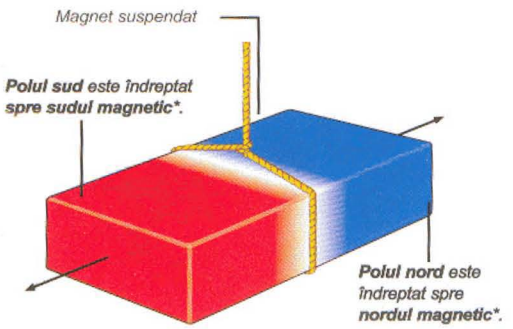
MAGNEȚII

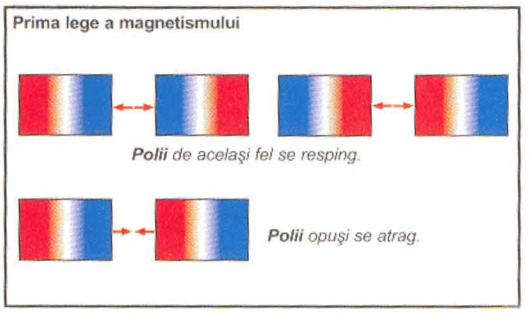
În jurul lor, **magneții** au un **câmp magnetic*** și, datorită interacțiunii dintre doi magneți, între ei există o **forță magnetică***. Orice material capabil să fie **magnetizat** (poate deveni un magnet) este descris ca fiind **magnetic** (vezi **feromagnetismul**, jos) și, când este plasat într-un câmp magnetic, devine magnetizat. De asemenea, și mișcarea sarcinilor (**electronilor***) creează un câmp magnetic (vezi **electromagnetismul**, paginile 74-76).

*Aceste agrafe de hârtie au fost temporar **magnetizate**.*

Polul

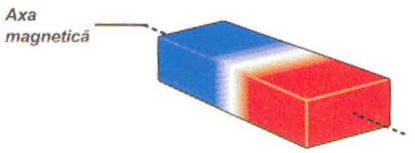
Punctul unui magnet în care se concentrează **forța magnetică***. Există doi poli – **nord** sau **polul îndreptat spre nord** și **sud**, **polul îndreptat spre sud** (identificați prin permiterea magnetului de a se alinia **câmpului magnetic*** al Pământului). Toți magneții au un număr egal din fiecare tip de pol. **Prima lege a magnetismului** susține că polii opuși se atrag, iar polii de același fel se resping.





Axa magnetică

O linie imaginară față de care **câmpul magnetic*** al unui magnet este simetric.

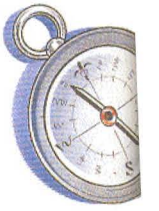


Feromagnetismul

Proprietatea unui material puternic magnetic (se magnetizează ușor). Fierul, nichelul, cobaltul și aliajele lor sunt ferimagnetice și sunt descrise ca fiind **puternic** și **slab** feromagnetice. Materialele **sinterizate** (confecționate prin transformarea diferitelor amestecuri de pulberi ale metalelor de mai sus în solide, prin căldură și presiune) pot fi puternic sau slab magnetice, prin schimbarea metalelor utilizate.

Puternic

Descrie un material **feromagnetic**, care după magnetizare nu-și pierde cu ușurință magnetizația, de ex. oțelul. Magneții confecționați din aceste materiale se numesc **magneți permanenți**.



*Materialele **puternic feromagnetice** sunt folosite ca **magneți permanenți**, de ex. acele unei busole.*

Slab

Descrie un material **feromagnetic** care după magnetizare nu-și păstrează magnetismul, de ex. fierul. Magneții confecționați din astfel de materiale se numesc **magneți temporari**. **Magnetizația reziduală** este cantitatea mică de magnetizație care se poate păstra în materialele slab magnetice.

*Materialele **slab feromagnetice** se folosesc ca miez* în **electromagneți**.*

Susceptibilitatea

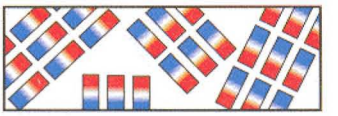
Măsura capacității unei substanțe de a deveni magnetizată. Materialele **feromagnetice** au o susceptibilitate crescută.

*Miez, **Electromagnet**, 74; **Electroni**, 83; **Câmp magnetic**, 72; **Forță magnetică**, 6; **Nord magnetic, Sud magnetic**, 73.

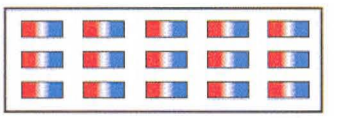
Teoria domeniului de magnetizare

Susţine că materialele **feromagnetice** constă din **dipoli** sau **magneţi moleculari**, care interacţionează între ei. Aceştia sunt dispuşi în zone numite **domenii**, în care ei se îndreaptă în acelaşi sens. Materialul feromagnetic devine magnetizat, când domeniile se **ordonează** (se aliniază).

*În stare de non-magnetizare, **domeniile** sunt amestecate. Efectul global este acela că domeniile se anulează între ele.*



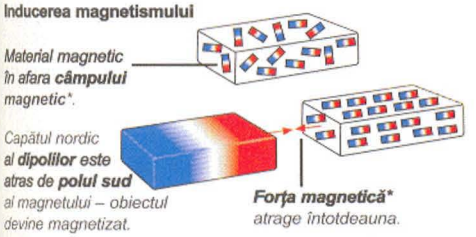
*În stare magnetizată, **domeniile** sunt ordonate. Dacă sunt complet ordonate (ca aici), magnetul este **saturat** – nu poate fi mai puternic.*



Magnetizarea

Când un obiect se magnetizează, toţi **dipolii** se aliniază. Aceasta are loc numai când obiectul se află într-un **câmp magnetic*** şi se numeşte **magnetism indus**.

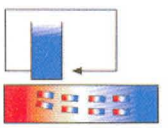
Inducerea magnetismului


*Material magnetic în afara **câmpului** magnetic**.
*Capătul nordic al **dipolilor** este atras de **polul sud** al magnetului – obiectul devine magnetizat.*
Forţa magnetică* *atrage întotdeauna.*

Atingerea simplă

Metoda de magnetizare a unui obiect prin atingerea lui repetată cu **polul** unui magnet **permanent** (vezi **magnetic dur**). Magnetizarea este indusă în obiect de la câmpul **magnetic*** al magnetului.

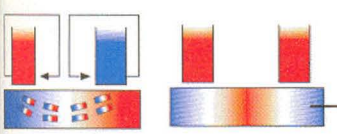
Magnetizarea indusă prin atingere simplă



Atingerea divizată

Metoda de magnetizare a unui obiect prin atingerea repetată de la centru spre exterior cu **polii** opuşi a doi **magneţi permanenţi**. Magnetizarea este indusă în obiect de la **câmpul magnetic*** al magneţilor.

Magnetizarea indusă prin atingere divizată



Polii consecvenţi se produc când în atingerea divizată se folosesc poli identici.

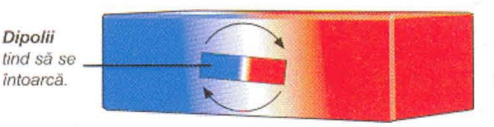
Demagnetizarea

Îndepărtarea magnetizării dintr-un obiect. Se poate obţine prin plasarea obiectului într-un **câmp magnetic*** schimbător, ca şi cel creat de un conductor care transportă **curent alternativ***. Alternativ, **dipolii** (vezi **teoria domeniului**, sus) se pot excita pentru a le dezorganiza sensurile prin lovirea dezordonată cu un ciocan sau prin încălzirea la peste 700°C.

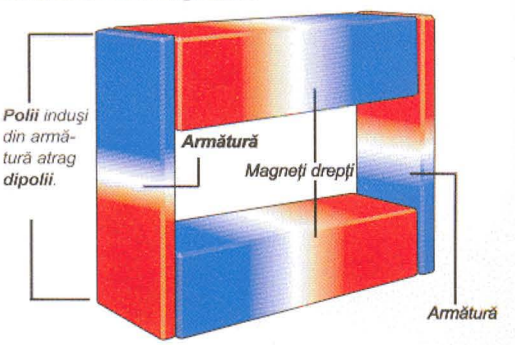
Autodemagnetizarea

Pierderea magnetizării unui magnet datorită atracţiei **dipolilor** (vezi **teoria domeniului**) spre **polii** opuşi ai magnetului. Autodemagnetizarea se reduce prin utilizarea unor bucăţi de fier moale (numite **armături**), aranjate astfel ca ele să formeze un ochi închis de poli.

Autodemagnetizarea unui magnet drept



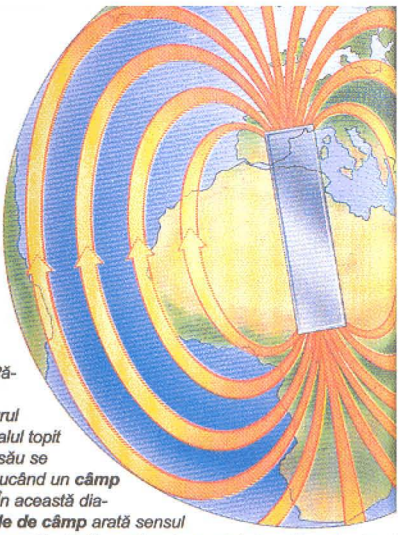
Reducerea autodemagnetizării



*Curent **alternativ**, 61; **Câmp magnetic**, 72; Forţă **magnetică**, 6.

CÂMPURI MAGNETICE

Câmpul magnetic este regiune din jurul unui **magnet** (vezi pagina 70) în care obiectele sunt afectate de **forța magnetică***. Puterea și sensul câmpului magnetic sunt prezentate de **liniile câmpului magnetic**.

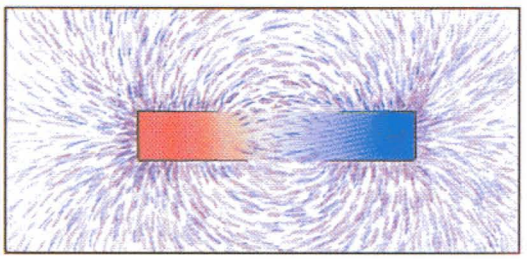


*Deoarece Pământul se **rotește în jurul axei, și metalul topit din nucleul său se mișcă, producând un câmp magnetic.** În această diagramă, **liniile de câmp** arată sensul câmpului magnetic. Liniile sunt mai apropiate la poli, unde câmpul este cel mai puternic.*

Liniile câmpului magnetic sau liniile de flux

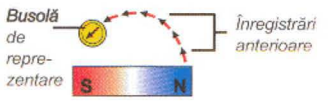
Liniile care indică sensul câmpului magnetic din jurul unui magnet. Ele arată, de asemenea, puterea câmpului (vezi **densitatea fluxului magnetic**, jos). Sensul câmpului este sensul forței asupra unui **pol nord***. Liniile câmpului magnetic sunt reprezentate prin presărarea unei pilituri de fier în jurul magnetului sau prin înregistrarea direcției arătate de o **busolă de reprezentare** (fără marcaje) în diferite puncte.

Rezultatul presărării piliturii de fier în jurul unui magnet

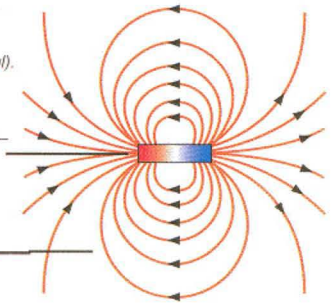


*Pilitura de fier se aliniază datorită **magnetizării induse**.*

Reprezentarea liniilor de câmp magnetic în jurul unui magnet drept.



Reprezentarea completă a liniilor de câmp magnetic *(săgețile indică sensul).*



***Densitatea fluxului magnetic** este mare – câmp magnetic puternic.*

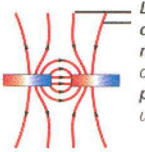
***Densitatea fluxului magnetic** este scăzută – câmp magnetic mai slab.*

Densitatea fluxului magnetic

Măsurarea puterii unui câmp magnetic într-un punct dat. Este arătată de apropierea **liniilor câmpului magnetic** între ele. În mod normal, densitatea câmpului magnetic este cea mai ridicată în jurul **polilor***.

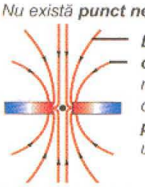
Punctul neutru

Punctul cu magnetizare nulă. Se formează atunci când 2 sau mai multe câmpuri magnetice interacționează cu un efect egal, dar opus. Magnetul poziționat de-a lungul **meridianului magnetic**, cu **polul sud*** îndreptat spre nord, are 2 puncte neutre pe aceeași linie cu **axa magnetică*** a acestuia.



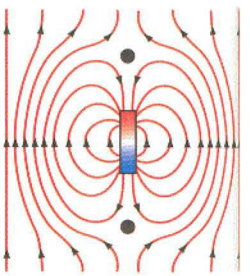
Liniile de câmp magnetic** create de **polii opuși uniți*

*Nu există **punct neutru**.*



Liniile de câmp magnetic** create de **polii opuși uniți*

Punctul neutru



Punctele neutre** (marcate cu o bulină) create de un magnet al cărui **pol sud este îndreptat spre nord.*

Diamagnetismul

Magnetismul prezentat de unele substanțe când sunt așezate într-un câmp magnetic puternic. O bucată de material diamagnetic tinde să răspândească **liniile câmpului magnetic** și se aliniază cu partea sa mai lungă perpendiculară pe ele.

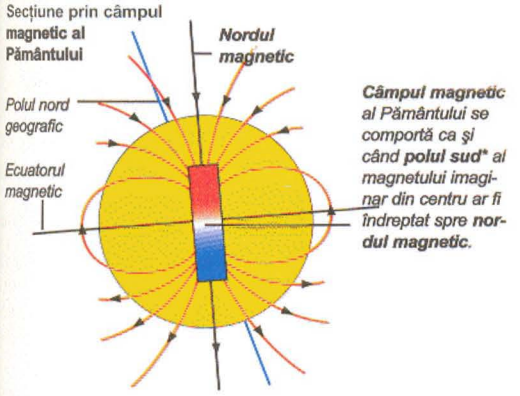
Paramagnetismul

Magnetismul prezentat de unele substanțe când sunt așezate într-un câmp magnetic puternic. O bucată de material paramagnetic tinde să concentreze prin el **liniile de câmp magnetic** și se așează cu partea sa mai lungă paralelă cu ele. Este cauzat de mișcarea ușoară a **dipolilor*** spre aliniere.

***Dipol**, 71 **(Teoria domeniului magnetizării)**; **Electroni**, 83; **Magnetizare indusă**, 71; **Forță magnetică**, 6; **Axă magnetică**, **Pol**, 70.*

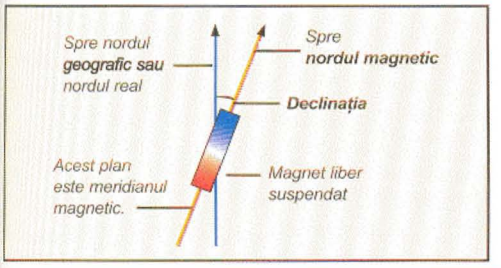
Magnetismul Pământului

Pământul are un câmp magnetic care se comportă ca şi când ar avea în centrul său un magnet drept uriaş, situat aproximativ între polii geografici nord şi sud, cu toate că unghiul său se schimbă constant. Polul nord al unei busole este îndreptat spre un punct numit **nordul magnetic**, iar polul său sud, spre **sudul magnetic**.


Secţiune prin câmpul magnetic al Pământului
Nordul magnetic
Polul nord geografic
Ecuatorul magnetic
Câmpul magnetic al Pământului se comportă ca şi când polul sud* al magnetului imaginar din centru ar fi îndreptat spre nordul magnetic.

Meridianul magnetic

Planul vertical în care se află **axa magnetică*** a unui magnet suspendat în câmpul magnetic al Pământului.



Declinaţia

Unghiul format între nordul câmpului magnetic (sudul geografic) şi direcţia luată de-a lungul **componentei orizontale a câmpului magnetic**. Poziţia nordului magnetic variază şi, astfel, declinaţia se schimbă încet, în timp.

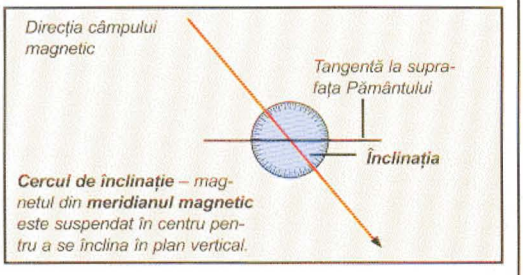
Această rândunică de mare migratoare foloseşte pentru orientare câmpul magnetic al Pământului.

Liniile izogonale

Linii care unesc puncte cu **declinaţie** egală. Din cauza schimbării direcţiei câmpului magnetic al Pământului, acestea se rearanjează din timp în timp.

Înclinaţia

Unghiul format de planul tangent la suprafaţa Pământului cu direcţia câmpului magnetic al Pământului într-un punct. Se măsoară prin utilizarea unui **cerc de înclinaţie** (vezi imaginea, jos).

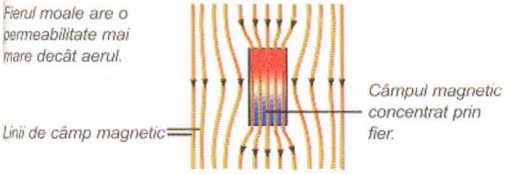

Direcţia câmpului magnetic
Tangentă la suprafaţa Pământului
Înclinaţia
Cercul de înclinaţie – magnetul din meridianul magnetic este suspendat în centru pentru a se înclina în plan vertical.

Linia izoclinală

Linia care uneşte punctele cu aceeaşi **înclinaţie**.

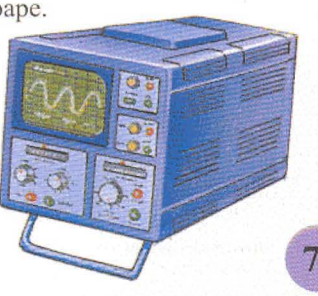
Permeabilitatea

Măsurarea capacităţii unei substanţe de a „conduce" un câmp magnetic. Fierul moale este mult mai permeabil decât aerul, deci câmpul magnetic tinde să se concentreze prin el.



Protejarea sau ecranarea

Folosirea unui material uşor magnetic pentru a opri un câmp magnetic să atingă un anumit punct, prin îndepărtarea efectivă a câmpului. Se utilizează în instrumentele foarte sensibile, de ex. în osciloscoape.

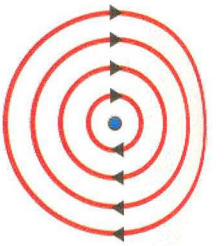


*Osciloscoapele sunt protejate de **câmpurile** magnetice nedorite, de un **metal** din aliaj special cu **permeabilitate** foarte mare.*

*Axă magnetică, Pol, 70.

ELECTROMAGNETISMUL

Curentul electric care trece printr-un conductor produce în jurul acestuia un **câmp magnetic** (vezi paginile 72-73), a cărui formă depinde de forma conductorului şi de intensitatea curentului. Aceste câmpuri magnetice au aceeaşi acţiune ca **magneţii permanenţi***. Fenomenul, numit **electromagnetism**, se ocupă cu studiul fenomenelor electrice şi magnetice.

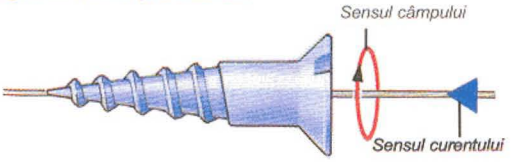


Secţiunea transversală a ***câmpului magnetic*** *creat de un conductor liniar parcurs de curent.*

Regula burghiului (a lui Maxwell)

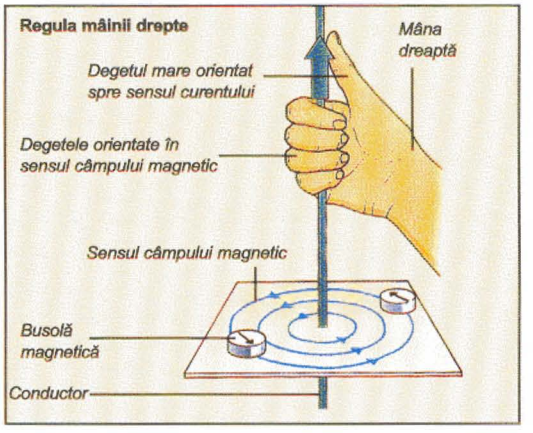
Sensul câmpului magnetic din jurul unui conductor este sensul în care trebuie rotit burghiul pentru a înainta în sensul curentului.

Regula burghiului (a lui Maxwell)



Regula mâinii drepte

Sensul unui câmp magnetic din jurul unui conductor este dat de orientarea celor patru degete, dacă conductorul este ţinut în mâna dreaptă, cu degetul mare orientat spre sensul curentului.



Bobina

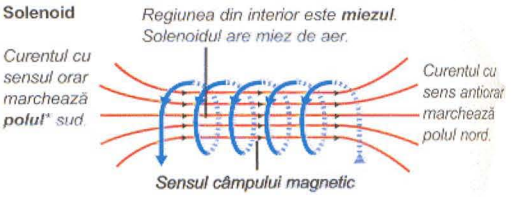
Dispozitiv alcătuit dintr-un număr de spire înfăşurate pe un **suport** de formă cilindrică. Exemple de bobine sunt **bobina plană** şi **solenoidul**.

Bobina plană

O **bobină-cadru** pentru care lungimea firului conductor este mică pe lângă diametrul spirei.

Solenoidul

O **bobină** cu lungimea firului mare în comparaţie cu diametrul spirelor. Câmpul magnetic produs de un solenoid este similar cu cel produs de un magnet drept. Poziţia **polilor*** depinde de sensul curentului.


Solenoid
Regiunea din interior este miezul. Solenoidul are miez de aer.
Curentul cu sensul orar marchează polul* sud.
Curentul cu sens antiorar marchează polul nord.
Sensul câmpului magnetic

Capetele în săgeată ale unui S reprezintă sensul orar (curent în sens orar = polul sud).

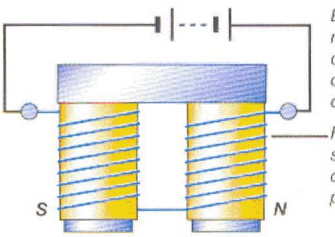
Capetele în săgeată ale unui N reprezintă sensul antiorar (curent antiorar = polul nord).

Miezul

Substanţa din interiorul unei **bobine** care influenţează forţa câmpului. Materialele uşor **feromagnetice***, cel mai obişnuit fiind fierul moale, creează cel mai puternic câmp magnetic şi sunt utilizate ca **electromagneţi**.

Electromagnetul

Solenoid cu **miez** confecţionat dintr-un material magnetic moale şi puternic **feromagnetic***. Acesta formează un magnet a cărui magnetizare poate fi controlată prin pornirea şi oprirea curentului. Electromagneţii sunt construiţi aşa încât 2 **poli*** opuşi să fie aproape, pentru a produce un câmp magnetic puternic.



Electromagnet format din doi solenoizi cu miez de fier şi cu o bară de fier între capete.

Firul se înfăşoară în sensuri opuse pe fiecare solenoid, pentru a produce poli opuşi.*

*Feromagnetism, 70; Magneţi permanenţi, 70 (Magnet dur); Pol, 70.

Aplicaţiile electromagneţilor

Electromagneţii au o mare aplicabilitate, folosindu-se faptul că atunci când sunt porniţi, curentul trece prin ei, atrag metalele şi, astfel, transformă **energia electrică*** în **energie mecanică***. În două din următoarele exemple, energia sonoră este produsă din energie mecanică.

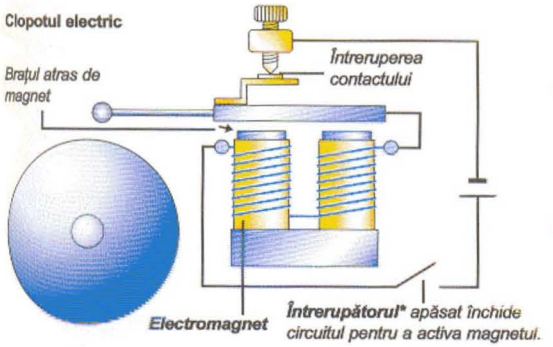
Macaraua electromagnetică

Electromagneţi mari utilizaţi în oţelării pentru ridicarea unor încărcături grele. Electromagnetul activat atrage oţelul, nepermiţând ca acesta să se mişte. Încărcătura este eliberată la oprirea curentului.

Macara electromagnetică folosită la mutarea metalului vechi dintr-un loc în altul

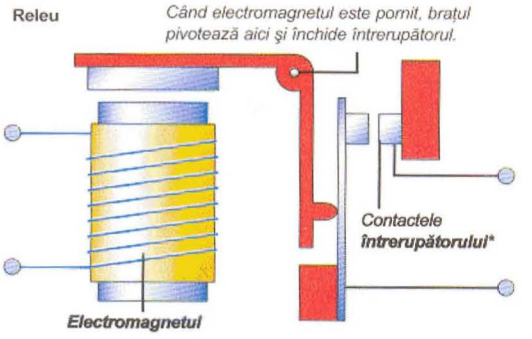
Soneria electrică

Un dispozitiv care transformă **curentul continuu*** în sunet. O lamelă metalică este atrasă de un **electromagnet**, se mişcă spre el şi, astfel, întrerupe circuitul care alimentează electromagnetul. Lamela se ridică şi procesul se repetă. Vibraţia dată de lamelă produce un sunet bâzâit. În **clopotul electric**, un ciocan ataşat lamelei loveşte repetat clopotul.



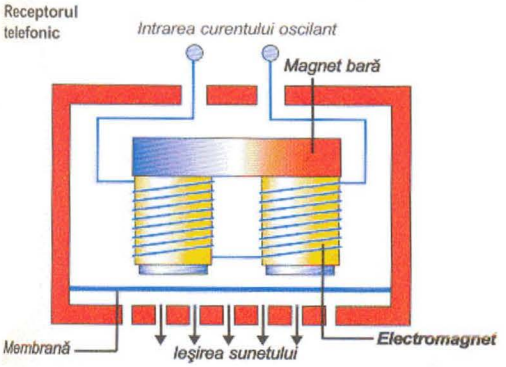
Releul

Un dispozitiv în care **întrerupătorul*** este închis prin acţiunea unui **electromagnet**. Pentru pornirea unui curent de mare intensitate se poate utiliza un curent mic în **bobina** electromagnetului, fără ca circuitele să fie legate electric.



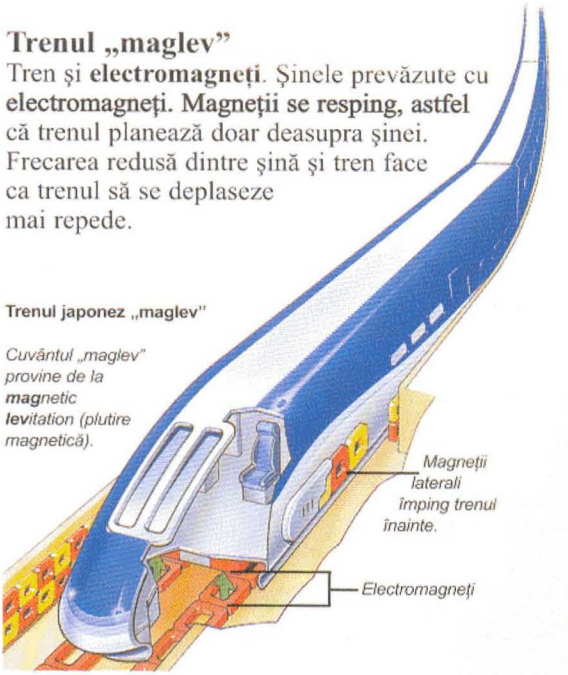
Receptorul telefonului

Un dispozitiv folosit pentru transformarea semnalelor electrice în unde sonore. **Magnetul permanent*** atrage membrana metalică, dar forţa acestei atracţii se modifică o dată cu intrarea curentului oscilant (semnalele intrate) în bobinele **electromagnetului**. Deci membrana vibrează pentru a produce unde sonore.



Trenul „maglev"

Tren şi **electromagneţi**. Şinele prevăzute cu **electromagneţi. Magneţii se resping, astfel** că trenul planează doar deasupra şinei. Frecarea redusă dintre şină şi tren face ca trenul să se deplaseze mai repede.


Trenul japonez „maglev"
Cuvântul „maglev" provine de la magnetic levitation (plutire magnetică).
Magneţii laterali împing trenul înainte.
Electromagneţi

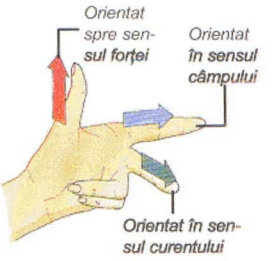
*Curent continuu, 61; Energie electrică, 9; Feromagnetism, 70; Energie mecanică, 9; Magneţi permanenţi, 70 (Magnet dur); Pol, 70; Întrerupător, 64.

Forța electromagnetică se produce când un conductor parcurs de curent se află într-un câmp magnetic. Asupra conductorului acționează o forță care este capabilă de producerea mișcării. Acest fenomen este folosit la **motoarele electrice**, unde **energia mecanică*** este transportată din **energia electrică***. Fenomenul poate fi utilizat și la măsurarea curentului (vezi pagina 77).

Regula mâinii stângi a lui Fleming

Sensul forței care acționează asupra unui **conductor electric printr-un câmp magnetic se poate** determina cu mâna stângă (vezi figura).

Regula mâinii stângi a lui Fleming



Motorul electric

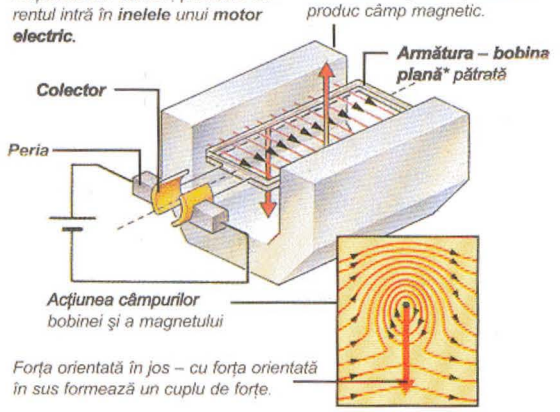
Un dispozitiv care transformă **energie electrică** în **energie mecanică**. Cel mai simplu motor este alcătuit dintr-o **bobină plană*** de formă pătrată, prin care trece curent electric și care se rotește într-un câmp magnetic (vezi figura de mai jos). Motoarele produc o forță **contraelectromotoare*** care se opune **f.e.m.** care le acționează. Aceasta se produce pentru că motorul o dată pornit acționează ca un **generator*** (mișcarea bobinei din câmp produce un curent electric opus).

Motorul electric simplu

***Comutare automată**. Inele colectoare, prin care curentul intră sau iese din **bobina* motorului electric**. Curentul care intră în bobină în sensul corect face ca motorul să se rotească într-o singură direcție, în mod continuu – fapt asigurat de inele.*

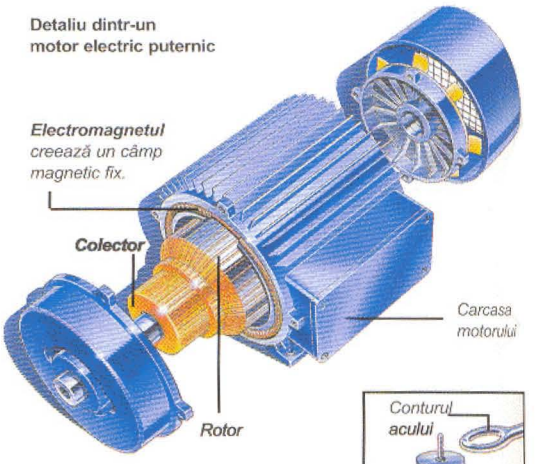
***Periile**. Contactele, de obicei confecționate din carbon, prin care curentul intră în **inelele** unui **motor electric**.*

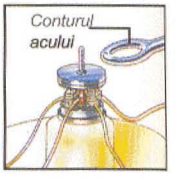
Polii unui magnet în potcoavă produc câmp magnetic.



Forța orientată în jos – cu forța orientată în sus formează un cuplu de forțe.

Detaliu dintr-un motor electric puternic





Dreapta: un micromotor Toshiba, lat de 0,8 mm

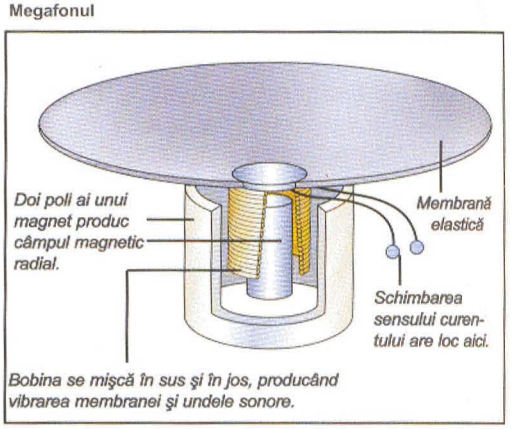
Intensificarea câmpului magnetic

Seturi de **bobine** dispuse în jurul unui **motor electric**, în locul unui magnet permanent, realizează producerea unui câmp magnetic mai puternic. Aceasta mărește puterea motorului.

Megafonul

Un dispozitiv care folosește **forța electromagnetică** pentru a transforma semnalele electrice în **unde sonore***. Este alcătuit dintr-o **bobină** în **câmp magnetic radial** (sensul câmpului este de-a lungul razelor spirelor). La schimbarea sensului curentului, bobina, care este atașată unui con de hârtie, vibrează în câmp (vezi figura). Conul de hârtie face ca aerul să vibreze, producând unde sonore care depind de puterea și frecvența curentului.

Megafonul


Doi poli ai unui magnet produc câmpul magnetic radial.
Membrană elastică
Schimbarea sensului curentului are loc aici.
Bobina se mișcă în sus și în jos, producând vibrarea membranei și undele sonore.

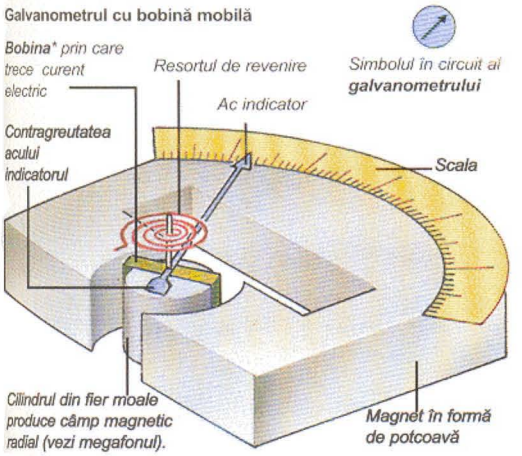
*Forță contraelectromotoare, 60; (Forța electromotoare); Bobină, 74; Energie electrică, 9; Electromagnet, Bobină plană, 74; Generator, 78; Energie mecanică, 9; Unde sonore, 40.

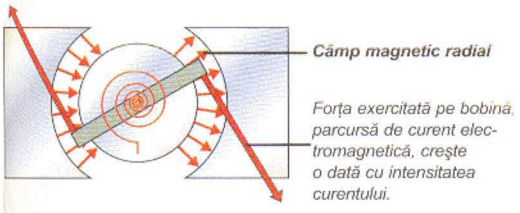
APARATE ELECTRICE DE MĂSURAT

Curentul se poate detecta prin suspendarea unui magnet lângă un fir electric parcurs de curent şi prin observarea deviaţiei acestuia. Această idee se poate extinde pentru a construi un dispozitiv (de **măsurare**) în care deviaţia indică intensitatea curentului pe o scală. Dispozitivul de măsurare a curentului se poate adapta apoi măsurării **diferenţei de potenţial***.

Galvanometrul

Orice dispozitiv folosit la detectarea unui **curent continuu*** prin efectul său magnetic. Cel mai simplu este reprezentat de o busolă aşezată lângă un fir electric pentru a demonstra prezenţa curentului. **Galvanometrul cu bobină mobilă** se bazează pe **forţa electromagnetică** pentru deviaţie pe o scală (vezi figura).


Galvanometrul cu bobină mobilă
Bobina* prin care trece curent electric
Resortul de revenire
Simbolul în circuit al galvanometrului
Ac indicator
Contragreutatea acului indicatorul
Scala
Cilindrul din fier moale produce câmp magnetic radial (vezi megafonul).
Magnet în formă de potcoavă

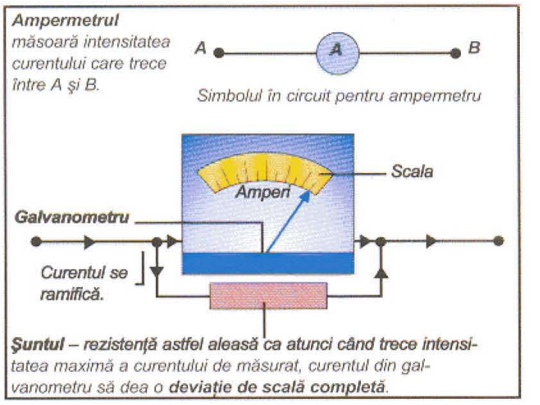

Câmp magnetic radial
Forţa exercitată pe bobină, parcursă de curent electromagnetică, creşte o dată cu intensitatea curentului.

Ampermetrul cu echipaj mobil

Un dispozitiv de **măsurare** în care intensitatea curentului de măsurat induce magnetizare în două piese de fier care se atrag sau se resping pentru a produce deviaţie.

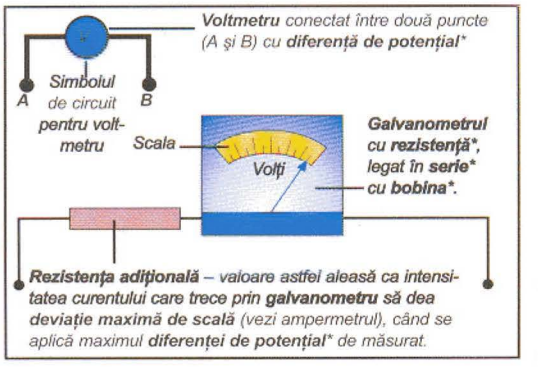
Ampermetrul

Dispozitiv utilizat la măsurarea intensităţii curentului. Este o variantă a **galvanometrului cu bobină mobilă**, creat astfel ca un curent de o anumită intensitate să producă o **deviaţie completă de scală**, adică indicatorul să se mişte până la poziţia maximă. Pentru a măsura curenţi de intensitate mai mare, se adaugă un **şunt** (vezi figura de jos). Pe scală, curentul de intensitate mai mare va produce deviaţie completă de scală.


Ampermetrul măsoară intensitatea curentului care trece între A şi B.
A
A
B
Simbolul în circuit pentru ampermetru
Amperi
Scala
Galvanometru
Curentul se ramifică.
Şuntul – rezistenţă astfel aleasă ca atunci când trece intensitatea maximă a curentului de măsurat, curentul din galvanometru să dea o deviaţie de scală completă.

Voltmetrul

Dispozitiv utilizat la măsurarea **diferenţei de potenţial*** dintre două puncte între care se plasează în **serie*** un **galvanometru** cu **rezistenţă*** mare. Măsoară intensitatea curentului, iar pe scală este indicată tensiunea. Pentru a măsura tensiuni mai mari, se adaugă o rezistenţă adiţională (vezi jos).


Voltmetru conectat între două puncte (A şi B) cu diferenţă de potenţial*
Simbolul de circuit pentru voltmetru
A
B
Scala
Volţi
Galvanometrul cu rezistenţă*, legat în serie* cu bobina*.
Rezistenţa adiţională – valoare astfel aleasă ca intensitatea curentului care trece prin galvanometru să dea deviaţie maximă de scală (vezi ampermetrul), când se aplică maximul diferenţei de potenţial* de măsurat.

Voltampermetrul adiţional

Un **galvanometru** combinat cu **şunturile** (vezi **ampermetrul**) şi rezistenţele **adiţionale** (vezi **voltmetrul**) necesare măsurării intensităţilor curentului şi **diferenţelor de potenţial***.

*Bobină, 74; **Curent continuu**, 61; **Diferenţă de potenţial**, 58; **Rezistenţă**, 62; **Serie**, 64.

INDUCȚIA ELECTROMAGNETICĂ

Michael Faraday a descoperit că, la fel cum un curent care trece printr-un câmp magnetic produce o deplasare (vezi **forța electromagnetică**, pagina 76), tot așa, și deplasarea unui **conductor*** dintr-un câmp magnetic produce o **forță electromotoare*** în conductorul respectiv. Acest fenomen, numit **inducție electromagnetică**, se produce și când într-un câmp magnetic variabil se plasează un conductor parcurs demult.

*Faraday a indus o forță electromotoare prin **rotirea unui disc (conductor*)** lângă un magnet, folosind **acest dispozitiv** cu disc, numit **dinam**.*

Legea inducției (a lui Faraday)

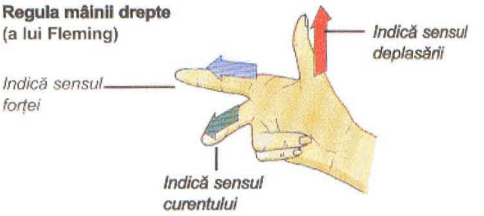
Susține că mărimea forței electromotoare induse într-un **conductor*** este direct proporțională cu viteza de variație a câmpului magnetic.

Legea lui Lenz

Susține că o forță electromotoare indusă se opune întotdeauna variației fluxului magnetic inductor, de ex., într-un **motor electric***, f.e.m. produsă datorită faptului că sunt reversibile, adică se comportă ca un **generator**, se opune f.e.m. care acționează motorul.

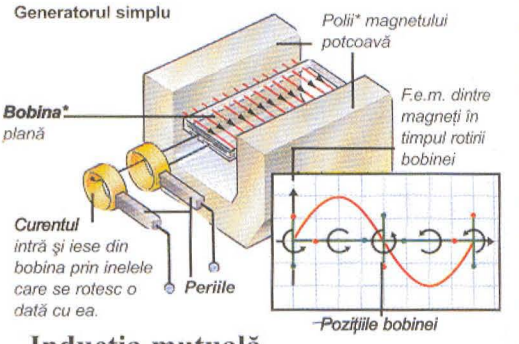
Regula Fleming (regula mâinii drepte)

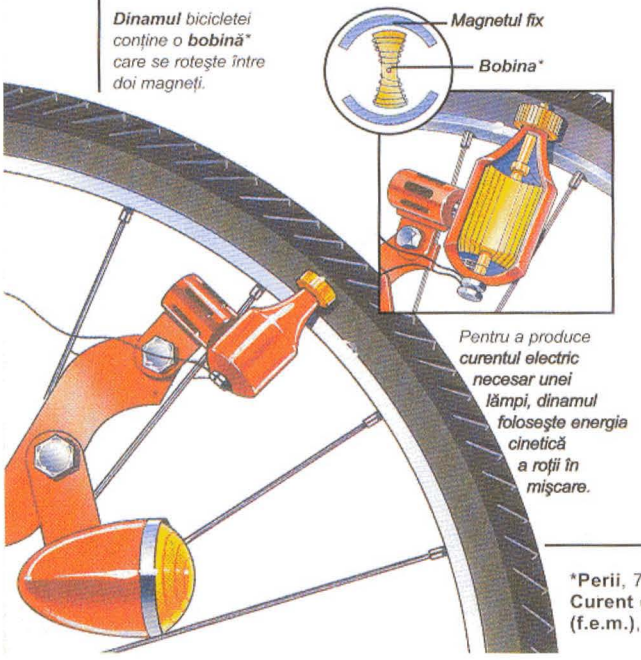
Sensul unui curent indus se poate determina din sensul și mișcarea câmpului magnetic folosind mâna dreaptă (vezi diagrama).



Generatorul sau **dinamul**

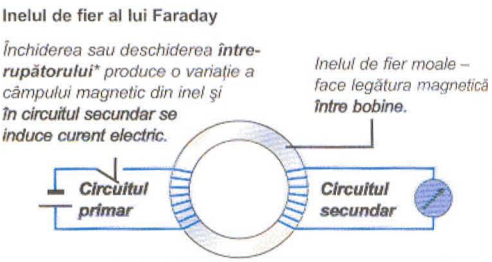
Dispozitiv utilizat pentru a obține energie electrică din **energie mecanică***. În cel mai simplu generator (vezi figura, jos), se induce o forță electromagnetică într-o **bobină*** care se rotește într-un câmp magnetic. Generatorul de **curent continuu*** prezintă o **comutare automată***, la fel ca **motorul electric***, care face ca sensul curentului electric să fie întotdeauna același.


Generatorul simplu
Polii* magnetului potcoavă
Bobina* plană
F.e.m. dintre magneți în timpul rotirii bobinei
Curentul intră și iese din bobina prin inelele care se rotesc o dată cu ea.
Periile
Pozițiile bobinei


Dinamul bicicletei conține o bobină* care se rotește între doi magneți.
Magnetul fix
Bobina*
Pentru a produce curentul electric necesar unei lămpi, dinamul folosește energia cinetică a roții în mișcare.

Inducția mutuală

Inducția unei forțe electromotoare într-o **bobină*** prin variația curentului dintr-o altă bobină. Curentul care se modifică produce un câmp magnetic variabil, care induce curentul electric în oricare altă bobină situată în câmp. Acest lucru a fost demonstrat prima oară prin **inelul de fier al lui Faraday**.


Inelul de fier al lui Faraday
Închiderea sau deschiderea întreruptorului* produce o variație a câmpului magnetic din inel și în circuitul secundar se induce curent electric.
Inelul de fier moale – face legătura magnetică între bobine.
Circuitul primar
Circuitul secundar

*Perii, 76; **Bobină**, 74; **Comutare automată**, 76; **Conductor**, 56; **Curent continuu**, 61; **Motor electric**, 76; **Forță electromotoare (f.e.m.)**, 60; **Energie mecanică**, 9; **Poli**, 70; **Întrerupător**, 64.

Autoinducţia

Inducţia unei forţe electromotoare într-o **bobină**, datorită variaţiei curentului din interiorul ei. De exemplu, dacă curentul din bobină este întrerupt, câmpul magnetic produce prin bobină o forţă electromotoare – în unele cazuri, cu mult mai mare decât cea iniţială.

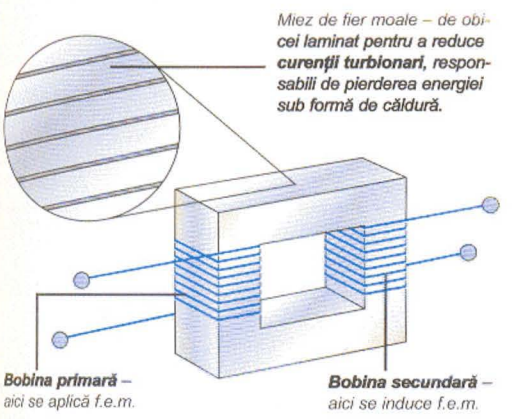
Curentul turbionar

Curentul format într-o bucată de metal când câmpul magnetic din jurul acesteia variază, chiar dacă metalul nu face parte din circuit. Curenţii turbionari pot produce energie calorică nedorită, de exemplu, în miezul de fier al unui **transformator**. Acest lucru poate fi înlăturat prin laminarea miezului de fier (vezi transformatoarele, jos).

Transformatoarele

Transformatorul este alcătuit din două **bobine*** înfăşurate pe acelaşi **miez*** din material **feromagnetic*** moale. Este folosit pentru schimbarea valorii forţei electromotoare alternative dintr-o bobină într-o altă valoare a f.e.m. din cealaltă bobină, de ex. în centrala electrică, vezi pagina 61. Într-un transformator bun, energia dintre două circuite se pierde greu.

Transformatorul simplu


Miez de fier moale – de obicei laminat pentru a reduce curenţii turbionari, responsabili de pierderea energiei sub formă de căldură.
Bobina primară – aici se aplică f.e.m.
Bobina secundară – aici se induce f.e.m.

Bobina primară

Bobina* dintr-un transformator căreia i se aplică o forţă electromotoare alternativă pentru a produce în **bobina secundară** valoarea altei forţă electromotoare.

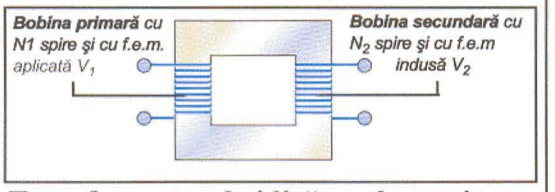
Bobina secundară

Bobina dintr-un transformator în care forţa electromotoare a bobinei primare induce o forţă electromotoare alternativă. Unele transformatoare au mai multe bobine secundare.

Raportul de transformare

Raportul dintre numărul de spire din **bobina secundară** a unui **transformator** şi numărul de spire din **bobina primară**. Raportul de transformare este şi raportul dintre forţa electromotoare din bobina secundară şi bobina primară.

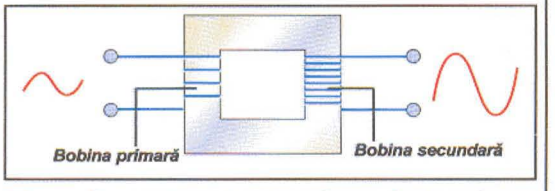
$$\text{Raportul rotaţiilor} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{V_2}{V_1}$$



Transformatorul ridicător de tensiune

Transformatorul în care forţa electromotoare din **bobina secundară** este mai mare decât cea din **bobina primară**. **Raportul de transformare** este mai mare de unu.

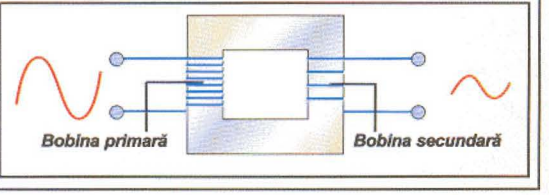
Transformatorul ridicător de tensiune



Transformatorul coborâtor de tensiune

Transformatorul în care forţa electromotoare din **bobina secundară** este mai mică decât cea din **bobina primară**. **Raportul de transformare** este mai mic de unu.

Transformatorul coborâtor de tensiune



*Bobină, Miez, 74; Feromagnetism, 70.

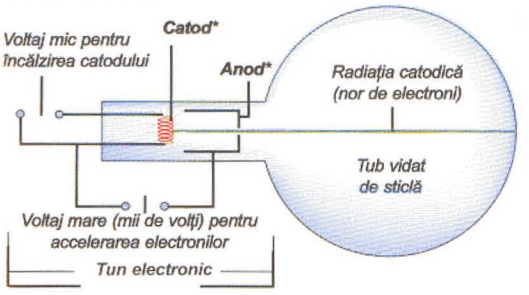
RADIAȚIILE CATODICE

Radiația catodică este un flux continuu de **electroni** (particule încărcate negativ – vezi pagina 83) care trece printr-un gaz de joasă presiune sau prin vid. Se produce când electronii sunt eliberați dintr-un **catod*** metalic și sunt atrași de un **anod***. Radiațiile catodice au numeroase aplicații practice, de la producerea **radiațiilor X** și până la **televiziune**. Toate acestea implică utilizarea unui tub de sticlă de formă specială (numit **tub de electroni**), care conține gaz la presiune joasă sau vid care este traversat de radiații. De obicei, radiațiile sunt produse cu ajutorul tunului electronic, care face parte din tub.

Tun electronic

Un dispozitiv care produce un flux continuu de electroni (o radiație catodică). Este alcătuită dintr-un **catod*** încălzit, care eliberează electroni (se numește **emisie termoelectronică**) și dintr-un **anod*** care îi atrage din flux.

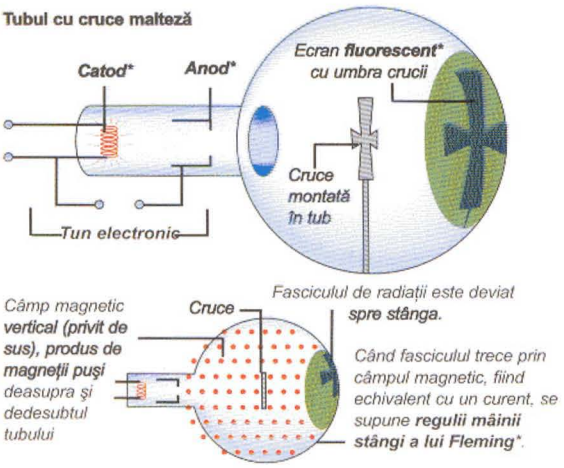
Tubul de electronic



Tubul cu cruce malteză

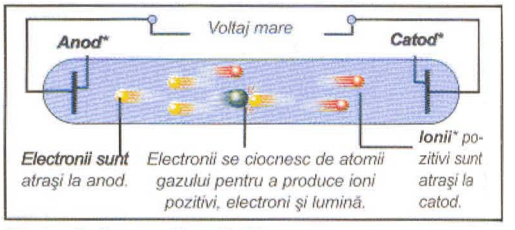
Un **tub electronic** în care radiația catodică este întreruptă de o cruce care formează o „umbră" pe un ecran **fluorescent***, plasat la capătul tubului. Acesta demonstrează că electronii se deplasează în linie dreaptă.

Tubul cu cruce malteză


Catod*
Anod*
Ecran fluorescent* cu umbra crucii
Cruce montată în tub
Tun electronic
Câmp magnetic vertical (privit de sus), produs de magneții puși deasupra și dedesubtul tubului
Cruce
Fasciculul de radiații este deviat spre stânga.
Când fasciculul trece prin câmpul magnetic, fiind echivalent cu un curent, se supune regulii mâinii stângi a lui Fleming*.

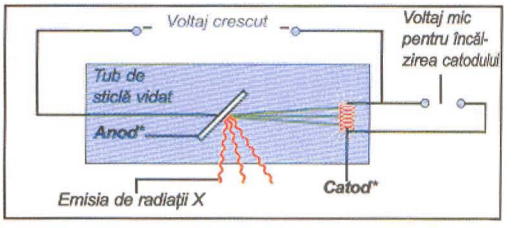
Tubul de descărcare electrică

Tub de sticlă umplut cu gaz, în care **ionii*** și electronii sunt atrași de **electrozii*** spre care aceștia se deplasează cu viteză foarte mare. În deplasarea lor, se ciocnesc de atomii gazului, făcând ca acești atomi să se ionizeze, formând ioni și electroni. În același timp se emite lumină. Culoarea luminii depinde de gazul folosit, de exemplu, neonul produce lumină portocalie (folosit în panourile publicitare), iar vaporii de mercur produc lumină verde-albăstruie (folosiți la iluminarea stradală). Tuburile de descărcare utilizează până la de cinci ori mai puțină electricitate decât alte tipuri de iluminare. **Tubul fluorescent** este un tub de descărcare cu vapori de mercur, care emite **radiații ultraviolete***. Vaporii sunt ciocniți de electroni și se emite **lumina vizibilă*** (vezi **fluorescența**, pagina 45).


Voltaj mare
Anod*
Catod*
Ionii* pozitivi sunt atrași la catod.
Electronii sunt atrași la anod.
Electronii se ciocnesc de atomii gazului pentru a produce ioni pozitivi, electroni și lumină.

Tubul de radiații X

Un tub de electroni special folosit pentru producerea fasciculelor de **radiații X***. O radiație catodică lovește o țintă de tungsten, care absoarbe energia electronilor. Acest fapt produce emisia de radiații X.

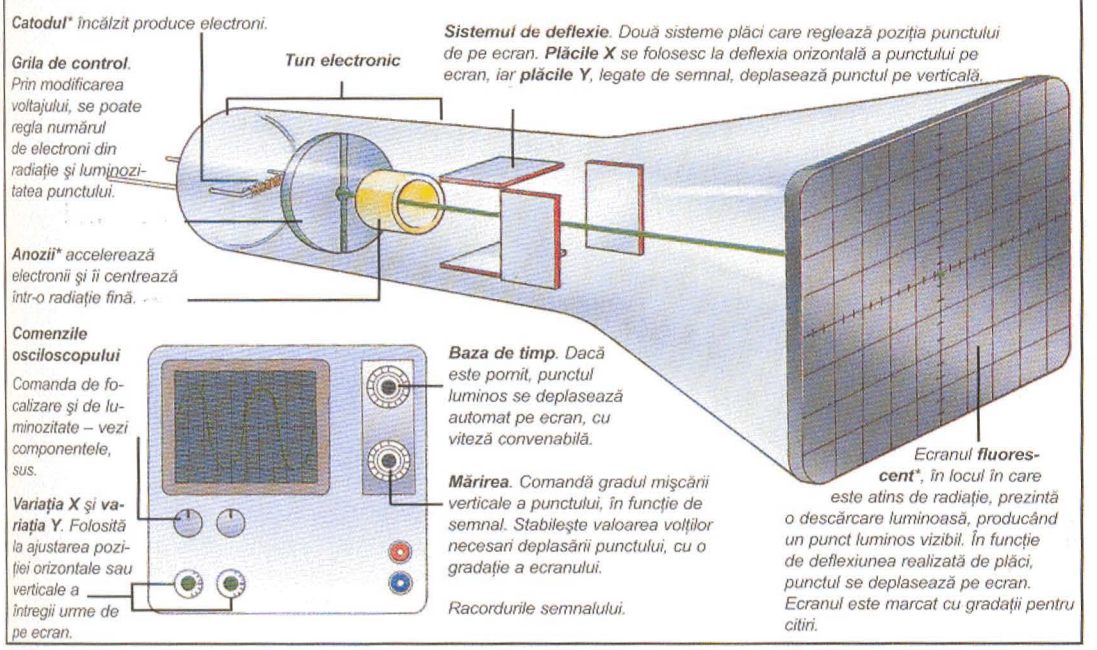


*Anod, Catod, 66 (Electrod); Regula mâinii stângi (a lui Fleming), 76; Fluorescență, 45; Ioni, 88 (Ionizare); Radiația ultravioletă, 44; Lumină vizibilă, 45; Radiații X, 44.

Osciloscopul de radiaţii catodice

Osciloscopul de radiaţii catodice (**ORC**) este un instrument folosit la studierea curentului electric şi a **diferenţelor de potenţial***. O radiaţie catodică dintr-un tun de electroni produce un punct luminos pe un ecran **fluorescent***. Radiaţia se deplasează spre ecran cu o viteză aleasă şi astfel produce pe faţa acestuia o urmă vizibilă. Dacă osciloscopul se conectează la un semnal electric, poziţia verticală a fasciculului va varia în funcţie de valoarea tensiunii şi atunci punctul pe ecran va oscila în funcţie de timp.

Componentele osciloscopului


Catodul* încălzit produce electroni.
Grila de control. Prin modificarea voltajului, se poate regla numărul de electroni din radiaţie şi luminozitatea punctului.
Tun electronic
Sistemul de deflexie. Două sisteme plăci care reglează poziţia punctului de pe ecran. Plăcile X se folosesc la deflexia orizontală a punctului pe ecran, iar plăcile Y, legate de semnal, deplasează punctul pe verticală.
Anozii* accelerează electronii şi îi centrează într-o radiaţie fină.
Comenzile osciloscopului
Comanda de focalizare şi de luminozitate – vezi componentele, sus.
Variaţia X şi variaţia Y. Folosită la ajustarea poziţiei orizontale sau verticale a întregii urme de pe ecran.
Baza de timp. Dacă este pornit, punctul luminos se deplasează automat pe ecran, cu viteză convenabilă.
Mărirea. Comandă gradul mişcării verticale a punctului, în funcţie de semnal. Stabileşte valoarea voltilor necesari deplasării punctului, cu o gradaţie a ecranului.
Racordurile semnalului.
Ecranul fluorescent*, în locul în care este atins de radiaţie, prezintă o descărcare luminoasă, producând un punct luminos vizibil. În funcţie de deflexiunea realizată de plăci, punctul se deplasează pe ecran. Ecranul este marcat cu gradaţii pentru citiri.

Televiziunea

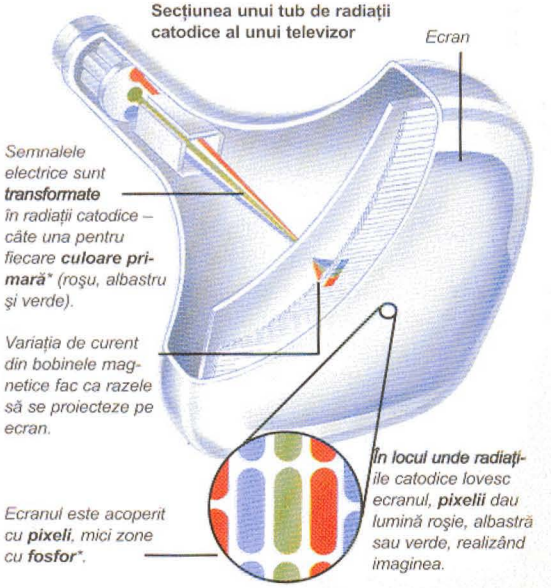
Imaginile sunt reproduse prin utilizarea unui **tub electronic** în care radiaţia catodică proiectează pe ecran variaţiile de tensiune, în funcţie de semnal.

Lumina, în funcţie de intensitatea radiaţiei, este emisă de diferitele puncte ale ecranului pentru a produce imaginea (vezi figura din dreapta).

*Televizoarele HTDV (extra large high-definition) au mai mulţi **pixeli** decât televizoarele obişnuite (vezi dreapta), deci imaginea lor este mai clară.*

Pixeli (vezi diagrama din dreapta).

Secţiunea unui tub de radiaţii catodice al unui televizor


Ecran
Semnalele electrice sunt transformate în radiaţii catodice – câte una pentru fiecare culoare primară* (roşu, albastru şi verde).
Variaţia de curent din bobinele magnetice fac ca razele să se proiecteze pe ecran.
Ecranul este acoperit cu pixeli, mici zone cu fosfor*.
În locul unde radiaţiile catodice lovesc ecranul, pixelii dau lumină roşie, albastră sau verde, realizând imaginea.

*Anod, Catod, 66 (Electrod); Fluorescenţă, 45; Fosfor, 44 (Fosforescenţă); Diferenţă de potenţial, 58; Culori primare, 55.

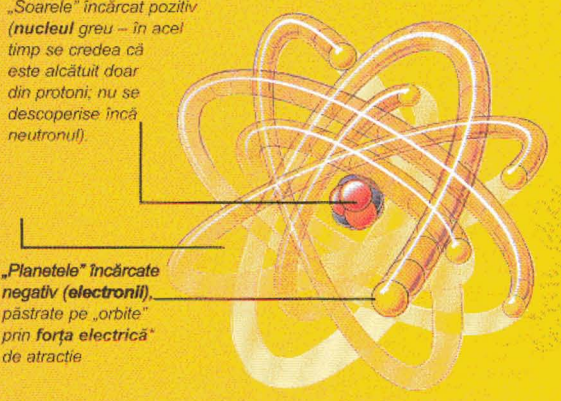
STRUCTURA ATOMULUI

S-a învățat multe despre natura fizică a atomului (vezi și pagina 4), încă de pe vremea când filosofii greci au afirmat pentru prima oară că materia este constituită din particule indivizibile (atomi). Se știe că atomul nu este indivizibil, ci are o structură internă complexă, alcătuită din mai multe particule mai mici (**particule subatomice**) și prezintă vid în interior.

Atomul Rutherford-Bohr

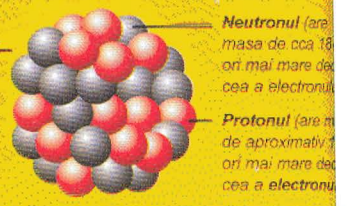
Reprezentarea atomului după modelul sistemului solar, elaborată în 1911 de Ernest Rutherford și Niels Bohr. Azi, se știe că acest model este incorect (**electronii** nu au „orbite" regulate – vezi **învelișul electronic**).

Modelul atomic Rutherford-Bohr


„Soarele" încărcat pozitiv (nucleul greu – în acel timp se credea că este alcătuit doar din protoni; nu se descoperise încă neutronul).
„Planetele" încărcate negativ (electronii), păstrate pe „orbite" prin forța electrică* de atracție

Nucleul sau nucleul atomic

Particula centrală a unui atom, alcătuită din **nucleoni (protoni** și **neutroni)**, concentrați unul lângă altul.


Nucleul – aproape toată masa atomului, dar foarte mic – raza sa este de cca 1/10.000 din masa atomului).
Neutronul (are masa de cca 18 ori mai mare dec cea a electronul
Protonul (are m de aproximativ 1 ori mai mare dec cea a electronu

Protonii

Particulele pozitive din **nucleu**. Numărul de protoni (**numărul atomic**) identifică elementul și este egal cu numărul de electroni, deci atomii sunt neutri din punct de vedere electric

Neutronii

Particulele electric neutre din **nucleu**. Numărul de neutroni din atomii aceluiași element pot să varieze (vezi **izotopul**).

Numărul de masă (A)

Numărul total de **protoni** și **neutroni** (**nucleonii**) dintr-un **nucleu**. Este numărul cel mai apropiat de **masa atomică relativă** a atomului și este important în identificarea **izotopilor**.

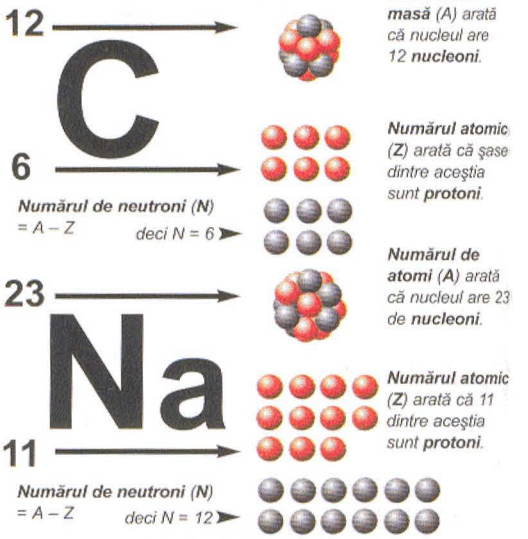
Numărul atomic (Z)

Numărul de **protoni** din **nucleu** (și deci și numărul de **electroni** din jurul acestuia). Toți atomii care au același număr atomic aparțin aceluiași element (vezi și **izotopul**).

Numărul de neutroni (N)

Numărul de **neutroni** dintr-un **nucleu**, calculat prin scăderea numărului atomic din numărul de masă. Vezi și graficul, pagina 87.

*Numărul de **masă** și **numărul atomic** sunt scrise adesea cu simbolul unui element:*


12
C
6
Numărul de neutroni (N) = A – Z
deci N = 6
Numărul de masă (A) arată că nucleul are 12 nucleoni.
Numărul atomic (Z) arată că șase dintre aceștia sunt protoni.
23
Na
11
Numărul de neutroni (N) = A – Z
deci N = 12
Numărul de atomi (A) arată că nucleul are 23 de nucleoni.
Numărul atomic (Z) arată că 11 dintre aceștia sunt protoni.

*Forță electrică, 6.

Electronii

Particule încărcate negativ şi cu masă foarte mică. Ei se mişcă în jurul **nucleului** pe **învelişul electronic** (vezi şi secţiunea despre **protoni**).

Învelişul electronic

Spaţiul care înconjoară **nucleul**, în care se mişcă **electronii**.

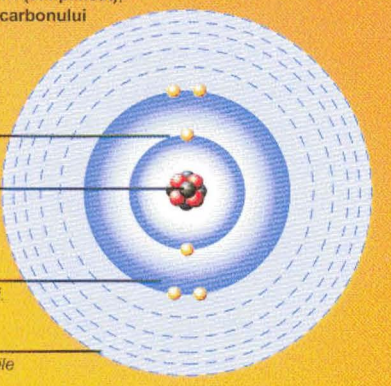
Un atom poate avea până la şapte învelişuri (de la interior spre exterior, notate cu **K**, **L**, **M**, **N**, **O**, **P** şi **Q**). Fiecare dintre acestea au un anumit număr de electroni (primele patru, din interior, au 2, 8, 18 şi respectiv 32 de electroni).

Cu cât învelişul este mai îndepărtat de nucleu, cu atât energia electronilor este mai mare (învelişul are un **nivel energetic** dat). **Învelişul exterior** este ultimul care are electroni. Dacă este complet ocupat sau dacă are un **octet** (8 electroni), atomul este foarte stabil (vezi pagina 85).

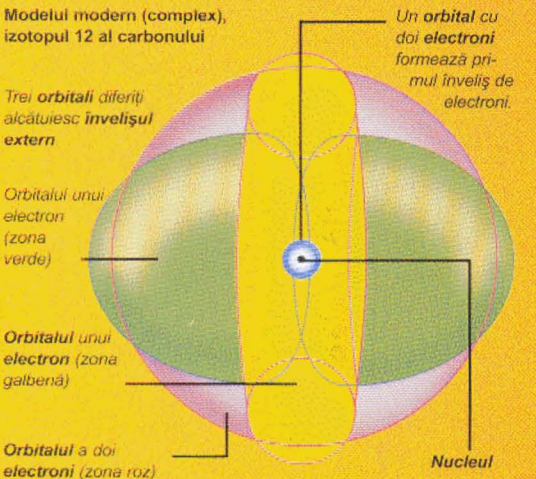
Poziţiile electronilor pe învelişurile lor nu pot fi determinate cu exactitate pentru fiecare deodată, ci fiecare înveliş este alcătuit din **orbitali** sau **nori de electroni**.

Fiecare dintre aceştia reprezintă o zonă în care se pot găsi oricând unul sau doi electroni (vezi şi ilustraţia de la pagina 82).

Modelul modern (simplificat), izotopul 12 al carbonului


Primul înveliş de electroni (învelişul K) are doi electroni.
Nucleul
Învelişul exterior (învelişul L) are patru electroni.
Alte cinci învelişuri posibile

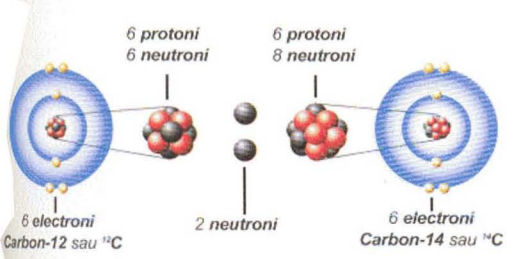
Modelul modern (complex), izotopul 12 al carbonului


Un orbital cu doi electroni formează primul înveliş de electroni.
Trei orbitali diferiţi alcătuiesc învelişul extern
Orbitalul unui electron (zona verde)
Orbitalul unui electron (zona galbenă)
Orbitalul a doi electroni (zona roz)
Nucleul

Izotopii

Formele diferite ale aceluiaşi element, cu acelaşi număr atomic, dar cu **numere de neutroni** diferite şi, deci, cu **numere de masă** diferite. Există izotopi pentru fiecare element, chiar dacă există o singură formă naturală (elementul este **monoizotopic**), celelalte se pot produce artificial.

*La **izotopii**, alături de numele sau simbolul elementului se notează **numărul de masă**:*



Masa atomică relativă

Se mai numeşte **masă atomică**. Este masa unui atom în unităţi de **masă exprimată** (**u**). Fiecare dintre acestea este egală cu $^1/_{12}$ din masa unui atom de carbon-12 (**izotop**). Deci masa atomică relativă a unui atom de carbon-12 este 12u, dar nici o altă masă atomică nu va fi un număr întreg, de exemplu, masa atomică relativă a aluminiului este 26,9815u.

Masa atomică relativă ia în considerare diferiţii izotopi ai elementului, dacă aceştia apar într-o combinaţie naturală. De exemplu, clorul natural are trei atomi de clor-35 pentru fiecare atom de clor-37, iar masa atomică relativă a clorului (35,453u) este o medie proporţională a celor două mase diferite ale acestor izotopi.

ENERGIA ATOMICĂ ŞI NUCLEARĂ

Toate corpurile, indiferent dacă sunt mari sau sunt particule, au o **stare energetică** particulară, sau un nivel de **energie potențială*** (energie „acumulată"). Mai mult, ele întotdeauna vor tinde să atingă cea mai joasă stare energetică posibilă, numită stare fundamentală, fiind starea de **stabilitate maximă**. În majoritatea cazurilor, în atomi este necesară o recombinare, adică adăugarea sau pierdea unor constituenți. În toate cazurile se eliberează energia „în exces" – în cantitate mare dacă particulele sunt atomi şi în cantitate foarte mare dacă sunt nuclee. Cu cât energia de legătură este mai mare, cu atât stabilitatea este mai mare, adică, cu atât mai puțin se supun schimbărilor.

Energia de legătură (E.L.)

Energia necesară descompunerii unui atom sau nucleu dat, în părțile sale constituente (vezi paginile 82-83). **Energia potențială*** a unui atom sau nucleu este mai mică decât energia potențială totală a constituenților lui când aceştia nu sunt legați, pentru că atunci când ei au fuzionat, constituenții au avut o **stare energetică** (vezi introducerea şi **forța nucleară**) cu energia mai mică şi astfel s-a pierdut din ea. Energia de legătură măsoară această diferență a energiei potențiale – este energia necesară „întoarcerii în starea inițială" – deci, cu cât ea este mai mare, cu atât energia potențială a unui atom sau nucleu este mai mică şi cu atât stabilitatea lui este mai mare. Energia de legătură variază de la atom la atom şi de la nucleu la nucleu.

Forța nucleară

Acea forță puternică ce ține legate părțile componente ale nucleului şi care învinge **forța electrică*** de respingere dintre **protoni***. Variază în funcție de mărimea nucleului (vezi graficul, pagina alăturată), pentru că numai această forță acționează între nucleonii învecinați. Cu cât efectul de atracție al forței nucleare este mai mare, cu atât energia de legătură a nucleului este mai crescută (o mare parte a energiei s-a eliberat la unirea componentelor).

Teoria cuantică

Susține că energia transportă impulsuri foarte mici, separate, numite **cuante**, şi nu formează un flux continuu. Inițial, această teorie se limita numai la energia emisă de corpuri (energia **undei electromagnetice***), cu toate că azi sunt incluse şi celelalte forme de energii (vezi paginile 8-9). Cuantele de energie sunt transportate de particulele numite **fotoni**. Teoria cuantică mai susține că energia transportată de un foton este proporțională cu **frecvența*** radiației electromagnetice emise (vezi paginile 44-45).

*Energia transportată de o **cuantă (foton)**:*

$$E = hf$$

*unde E = energia în jouli; h = **constanta lui Planck** ($6{,}63 \times 10^{-34} J^{-1}$); f = **frecvența*** în Hertzi*

Electron volt (eV)**. Unitatea de măsură a energiei atomice, egală cu energia dobândită de un electron deplasat de o **diferență de potențial de 1V.*

$$1eV = 1{,}6 \times 10^{-19} J$$

***Megaelectron volt (MeV)**. Unitatea de măsură a energiei nucleare, egală cu 1 milion de eV.*

$$1MeV = 1{,}6 \times 10^{-13} J$$

Defectul de masă

Masa unui atom sau nucleu este mai mică decât suma maselor componentelor separate. Diferența reprezintă defectul de masă. Este masa corespunzătoare **energiei potențiale** eliberate la unirea componentelor (vezi **energia de legătură**, sus, şi formula, dreapta).

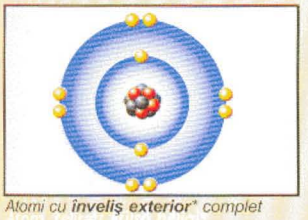
*Einstein a arătat că energia are masă. Deci, orice pierdere de **energie potențială*** are ca rezultat şi o pierdere de masă – masa energiei în sine. **Formula energiei totale a lui Einstein**:*

$$E = mc^2$$

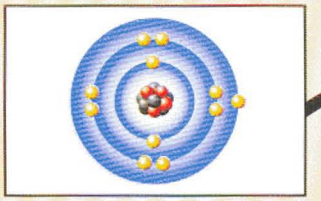
unde E = energia în jouli; m = masa în kilograme; c = 3×10^8 (valoarea numerică a vitezei luminii în m/s)

*Forță electrică, 6; **Unde electromagnetice**, 44; **Frecvență**, 35; **Nucleoni**, 82 (**Nucleu**); **Diferență de potențial**, 58; **Energie potențială**, 8; **Protoni**, 82.

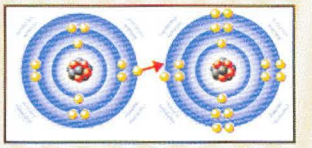
Nivele de stabilitate nucleară



*Atomi cu **înveliş exterior*** complet acceptat*



*Câţiva **electroni*** pe învelişul extern sau pe învelişul aproape complet – lipsesc numai unul sau doi electroni.*



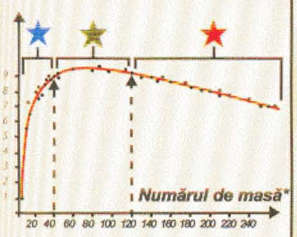
Unirea atomilor instabili cu alţi atomi instabili face ca aceştia să reacţioneze – se transferă electroni având recombinări.

*Rezultatul constă întotdeauna într-o eliberare de energie (energie „de exces"). Creşte stabilitatea – E.L. globală sau E.L. per nucleon este mai mare decât înainte. Energia eliberată sub formă de căldură sau **energie cinetică*** a particulei.*

*Nucleele cu **numerele de masă*** cuprinse între 40 şi 120 sunt cele mai stabile şi au cea mai mare E.L. sau **E.L. per nucleon** (vezi nota de sub grafic, jos).*

*Nucleele cu **numerele de masă*** mai mici decât 40 sau mai mari decât 120 sunt mai puţin stabile şi au o E.L. sau E.L. per nucleon scăzută.*

E.L. per nucleon (MeV)



*Notă: **energia de legătură per nucleon** (E.L. totală împărţită la numărul de nucleoni) redă o mai bună reprezentare a stabilităţii nucleare – E.L. totală a unui nucleu poate fi mai mare decât cea a altui nucleu, dar E.L. per nucleon poate fi mai scăzută – vezi dreapta.*

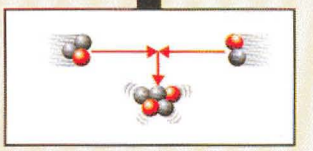
*Nuclee cu **numere de masă*** mai mici de 40*

*Câţiva **nucleoni*** şi deci o suprafaţă relativ mare. Doar câţiva nucleoni (în funcţie de întregul număr) au o **forţă nucleară** „de tracţiune", care acţionează asupra lor din partea nucleonilor învecinaţi, astfel, efectul global al forţei nucleare este mai mic.*

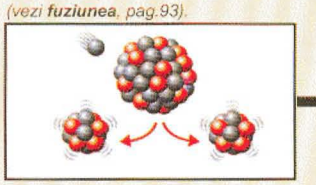
SAU

*Nuclee cu **numerele de masă*** mai mari decât 120*

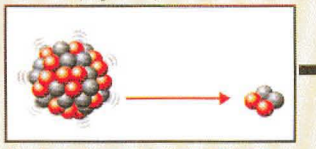
*Un număr foarte mare de nucleoni. Mai mulţi **protoni*** - **forţa electrică*** de respingere are efect mai mare, efectul forţei nucleare globale este mai mic.*



*Încălzirea nucleelor le conferă **energie cinetică*** mare şi înseamnă că la ciocnirea lor, două nuclee se vor uni (vezi **fuziunea**, pag.93).*



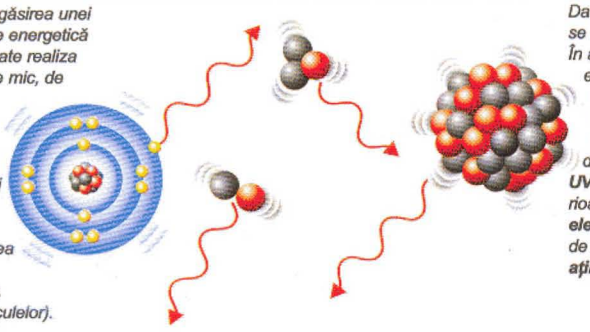
*Ciocnirea nucleului cu o particulă face ca acesta să se rupă (vezi **fisiunea**, pagina 92).*



*Unele nuclee grele eliberează spontan particule (vezi **radioactivitatea**, pagina 86).*

*Schimbarea stării energetice a unui atom sau nucleu se numeşte **tranziţie** nucleară sau atomică. Modificarea care rezultă din schimbarea proprietăţilor chimice (adică un alt element) se numeşte **transformare** sau **transmutaţie**.*

Aşa cum se arată, găsirea unei E.L. mai mari (stare energetică mai scăzută) se poate realiza cu un „ajutor" foarte mic, de exemplu, amestecarea atomilor instabili sau cum este cazul radioactivităţii spontane. În alte cazuri, poate fi necesară acceptarea de energie (încălzirea atomilor, nucleelor sau particulelor).

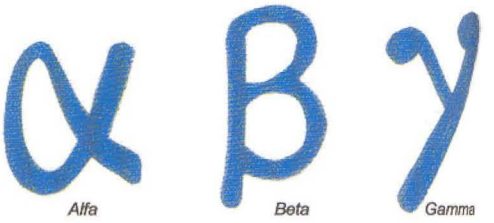


*Dacă nu se primeşte suficientă energie, se emit **fotoni** (vezi **teoria cuantică**). În atomi, electronii „cad" înapoi, iar energia fotonilor emişi depinde de învelişurile pe care se mişcă. **Radiaţiile X*** (cea mai mare frecvenţă, cea mai multă energie) sunt emise de învelişurile interioare, **radiaţiile UV*** sunt emise de pe învelişurile exterioare ş.a.m.d. (vezi **spectrul electromagnetic**, pagina 44). Alături de nuclee, se emit întotdeauna şi **radiaţii γ** (implică mai multă energie).*

*Forţă electrică, 6; **Electroni**, 83; **Frecvenţă**, 35; **Energie cinetică**, 9; **Număr de masă**, 82; **Nucleoni**, 82 (**Nucleu**); **Înveliş extern**, 83 (**Învelişuri electronice**); **Protoni**, 82; **Radiaţii ultraviolete (UV)**, **Radiaţii X**, 44.

RADIOACTIVITATEA

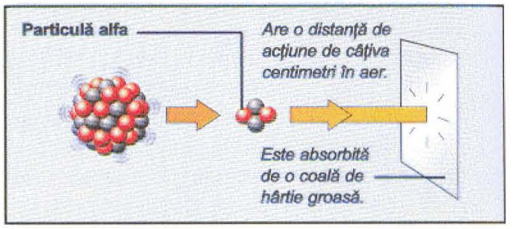
Radioactivitatea este proprietatea unor **nuclee** instabile (vezi paginile 82 şi 84) prin care ele se descompun spontan în nucleele altor elemente şi emit **radiaţii***, proces numit **dezintegrare radioactivă**. Există trei tipuri de radiaţii emise de elementele radioactive: fascicule de **particule alfa** (numite **radiaţii alfa**), fascicule de **particule beta** (**radiaţii beta**) şi **radiaţii gama**. Pentru mai multe informaţii despre detectarea şi aplicaţiile practice ale radiaţiilor (vezi paginile 88-91).



Literele greceşti folosite pentru cele trei tipuri de radiaţii*

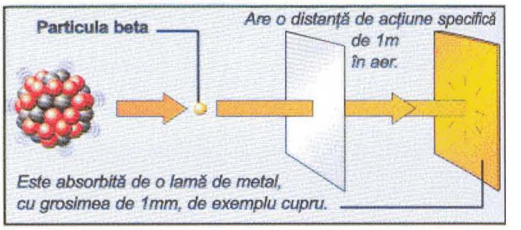
Particulele alfa (particulele α)

Particule încărcate pozitiv, emise de nişte nuclee radioactive (vezi **dezintegrarea alfa**). Ele sunt relativ grele (doi **protoni*** şi doi **neutroni***), se mişcă relativ încet şi au o putere de penetrare scăzută.



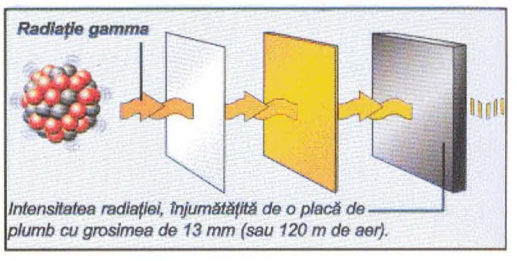
Particulele beta (particulele β)

Particula emisă din nişte nuclee radioactive cu viteză apropiată de cea a luminii. Există două tipuri – radiaţia de **electroni*** şi de **pozitroni**, care au aceeaşi masă ca şi electronii, dar sunt încărcate pozitiv. Vezi **dezintegrarea beta**, pagina 87.


Particula beta
Are o distanţă de acţiune specifică de 1m în aer.
Este absorbită de o lamă de metal, cu grosimea de 1mm, de exemplu cupru.

Radiaţiile gamma (radiaţiile γ)

Unde **electromagnetice invizibile** (vezi pagina 44). Au cea mai mare putere de penetrare şi sunt emise în general, dar nu întotdeauna, de un nucleu radioactiv după o particulă **alfa** sau **beta**.

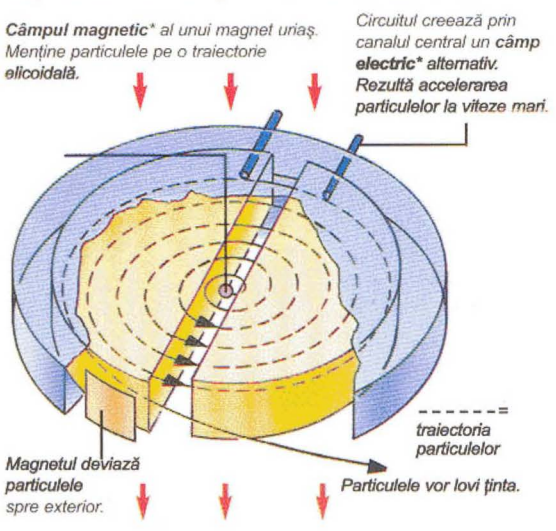


Radioizotopul sau izotopul radioactiv

Orice substanţă radioactivă (toate substanţele au izotopi – vezi pagina 83). Cunoaştem câţiva radioizotopi naturali cu timpul de înjumătăţire **foarte mare** (de exemplu, uraniu-238), iar unul, carbon-14, este produs continuu de radiaţiile cosmice (vezi **radiaţia de fond**, pagina 88). Alţi izotopi sunt produşi prin **fisiune nucleară*** şi, şi mai mulţi sunt produşi în centrele de cercetare, unde nucleele sunt ciocnite de particule cu viteză foarte mare (de exemplu, **protoni*** şi **neutroni***).

Acestea sunt accelerate în **acceleratoare de particule**, de exemplu **ciclotronul** (vezi imaginea de jos).

Secţiunea camerei vidate (partea centrală a ciclotronului)


Câmpul magnetic* al unui magnet uriaş. Menţine particulele pe o traiectorie elicoidală.
Circuitul creează prin canalul central un câmp electric* alternativ. Rezultă accelerarea particulelor la viteze mari.
traiectoria particulelor
Magnetul deviază particulele spre exterior.
Particulele vor lovi ţinta.

*Câmp electric, 58; Electroni, 83; Câmp magnetic, 72; Neutroni, 82; Fisiune nucleară, 92; Protoni, 82; Radiaţie, 9.

Dezintegrarea radioactivă

Dezintegrarea spontană a unui nucleu radioactiv care are ca rezultat emiterea de **particule alfa** sau **beta**, urmate adesea de **radiaţii gamma**. Nucleul emite o astfel de particulă (când suferă o dezintegrare nucleară), se eliberează energie (vezi pagina 84) şi se formează un alt nucleu (şi atom). Dacă şi acesta este radioactiv, procesul de dezintegrare se continuă până la obţinerea unui atom stabil (neradioactiv). Aceste serii sunt numite **serii de dezintegrare**, **lanţ de dezintegrare, serii radioactive**.

Timpul de înjumătăţire (T ½)

Timpul mediu necesar dezintegrării jumătăţii cantităţii de atomi dintr-o cantitate de substanţă pentru a suferi **dezintegrarea radioactivă**, şi deci pentru înjumătăţirea radiaţiei emise. Nu se poate preciza probabilitatea de dezintegrare a unui singur atom, deoarece ei se dezintegrează individual şi haotic. Timpii de înjumătăţire sunt diferiţi, de exemplu, timpul de înjumătăţire al stronţiului-90 este de 28 de ani, iar cel al uraniului-238 este de 4,5 × 10^9 ani.

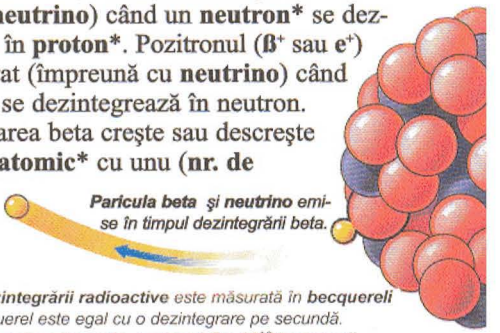
Dezintegrarea alfa (dezintegrarea α)

Emiterea unei **particule alfa** de către un nucleu radioactiv. Scade **numărul atomic*** cu doi şi **numărul de masă*** cu patru şi astfel se formează un nou nucleu.

O particulă alfa este identică cu nucleul atomului de heliu.

Dezintegrarea beta (dezintegrarea β)

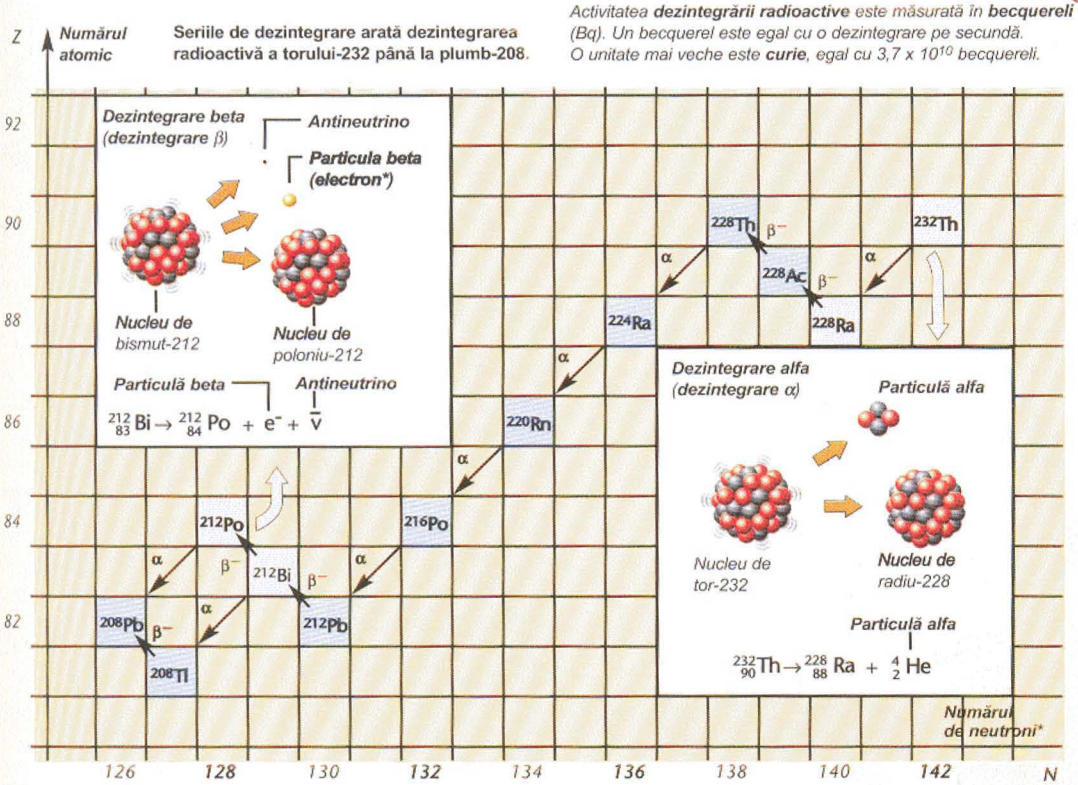
Emiterea oricărui tip de **particulă beta** de către un nucleu radioactiv. Electronul (ß⁻ sau e⁻) se eliberează (o dată cu o altă particulă numită **antineutrino**) când un **neutron*** se dezintegrează în **proton***. Pozitronul (ß⁺ sau e⁺) este eliberat (împreună cu **neutrino**) când un proton se dezintegrează în neutron. Dezintegrarea beta creşte sau descreşte **numărul atomic*** cu unu (**nr. de masă*** rămâne acelaşi).



Particula beta şi neutrino emise în timpul dezintegrării beta.

*Activitatea **dezintegrării radioactive** este măsurată în **becquereli** (Bq). Un becquerel este egal cu o dezintegrare pe secundă. O unitate mai veche este **curie**, egal cu 3,7 x 10^{10} becquereli.*

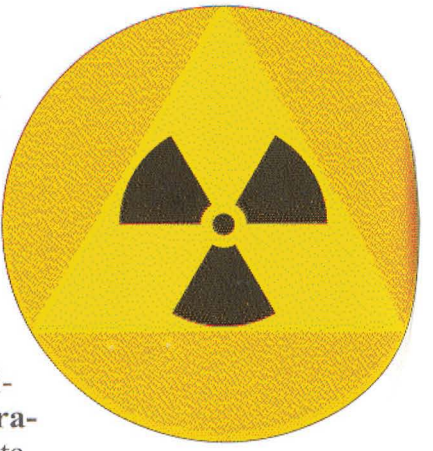
Seriile de dezintegrare arată dezintegrarea radioactivă a torului-232 până la plumb-208.



*Număr atomic, 82; Electroni, 83; Număr de masă, Număr de neutroni, Neutroni, Protoni, 82.

DETECTAREA ŞI MĂSURAREA RADIOACTIVITĂŢII

Există numeroase dispozitive de detectare şi măsurare a radiaţiilor emise de substanţele radioactive (**radioizotopi***). Unele sunt utilizate mai ales în laboratoare (pentru studierea radioizotopilor produşi artificial), altele au aplicabilitate mai mare (de exemplu, monitorizarea aparatelor pentru siguranţă) şi pot fi utilizate şi la detectarea **radiaţiei de fond**. Majoritatea aparatelor detectează şi măsoară radiaţiile prin monitorizarea **ionizaţiei** pe care o creează – vezi **aparatul Geiger** şi **electroscopul de impulsuri**, dreapta, şi **camerele cu ceaţă** şi **cu bule**, pagina 90.

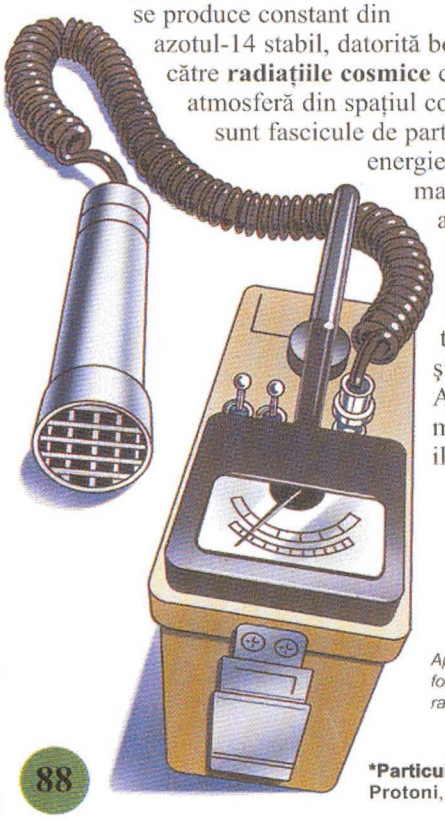


*Substanţele radioactive (**radioizotopii***) *au etichete speciale de avertizare.*

Radiaţia de fond

Radiaţia prezentă pe Pământ (în cantitate relativ mică), care provine atât din surse naturale, cât şi din surse artificiale. Una din sursele naturale remarcabile o reprezintă carbonul-14, care este absorbit de plante şi animale. Acesta se produce constant din azotul-14 stabil, datorită bombardării de către **radiaţiile cosmice** care intră în atmosferă din spaţiul cosmic. Acestea sunt fascicule de particule cu o energie extrem de mare. Sursele artificiale de radiaţii sunt folosite pentru testările industriale, medicale şi de arme. Aparatul Geiger măsoară radiaţiile de fond.

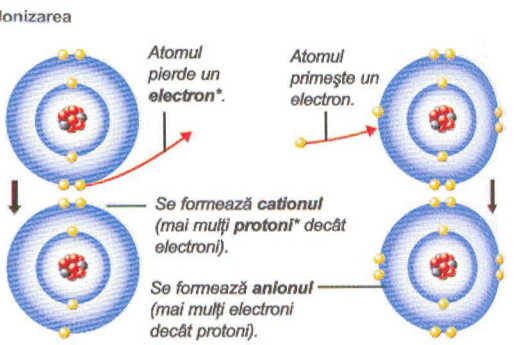
Plantele, rocile şi animalele conţin carbon-14.



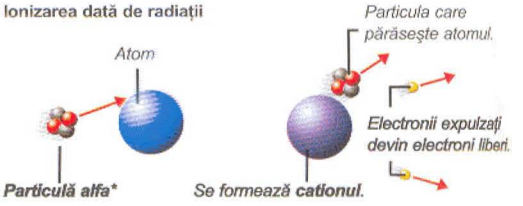
Aparatul Geiger, folosit la măsurarea radiaţiilor de fond.

Ionizarea

Procesul de formare a **ionilor** (particule încărcate electric), care are loc când atomii (neutri din punct de vedere electric) pierd sau primesc **electroni***, formând **cationi** (ioni pozitivi), respectiv, **anioni** (ioni negativi).


Ionizarea
Atomul pierde un electron*.
Atomul primeşte un electron.
Se formează cationul (mai mulţi protoni* decât electroni).
Se formează anionul (mai mulţi electroni decât protoni).

În cazul radiaţiei, **particulele*** **alfa** şi **beta** ionizează atomii substanţei prin care trec, de obicei formând cationi, pentru că energia lor este atât de mare, încât face ca unul sau doi electroni din atomii lor să fie „daţi afară". De asemenea, şi **radiaţiile gamma*** pot ioniza atomii.



***Particule alfa, Particule beta**, 86; **Electroni**, 83; **Radiaţii gamma**, 86; **Protoni**, 82; **Radioizotop**, 86.

Detectori de radiaţii nucleare

Dozimetrul

Un dispozitiv purtat de cei expuşi la iradieri. Conţine un film fotografic (pe care radiaţiile îl vor întuneca).
Acesta se developează regulat şi măsura întunecării filmului arată **doza** de radiaţie la care a fost expus individul.

Contorul Geiger

Un dispozitiv (vezi imagine, pagina 88) alcătuit dintr-un **tub Geiger-Müller**, un **numărător electromecanic** şi adesea un amplificator de impulsuri. Tubul este un cilindru cu gaz cu doi **electrozi*** – pereţii lui acţionează ca şi **catod***, şi are un fir central, **anodul***. Aparatul indică prezenţa radiaţiilor prin înregistrarea impulsurilor de curent dintre electrozi. Aceste impulsuri rezultă din **ionizarea** gazului (de obicei argon la presiune scăzută şi o urmă de bromură) de radiaţii.
Numărătorul este un dispozitiv electronic care numără impulsurile (numărul de impulsuri pe secundă).

Contorul Geiger

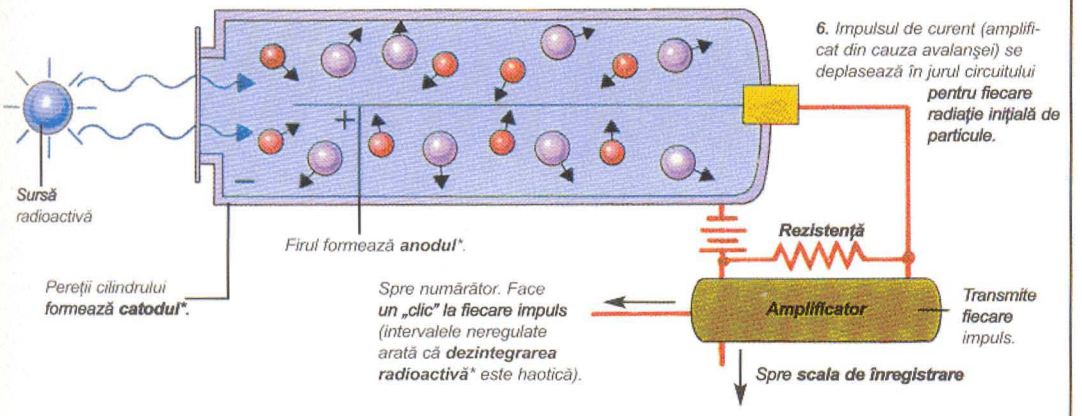
1. Radiaţia intră printr-o fereastră subţire.

*2. Fiecare particulă sau radiaţie **ionizează** câţiva atomi de gaz.*

*3. Ionii sunt atraşi la catod, **electronii*** la anod.*

*4. Ceilalţi atomi sunt loviţi pe traseu, formându-se o **avalanşă** de alţi ioni şi electroni.*

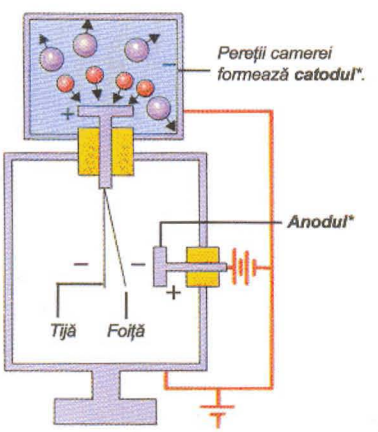
5. Electronii sunt preluaţi de anod şi „atraşi" de la catod (pentru a se transforma din nou în atomi).


Sursă radioactivă
Firul formează anodul*.
Pereţii cilindrului formează catodul*.
6. Impulsul de curent (amplificat din cauza avalanşei) se deplasează în jurul circuitului pentru fiecare radiaţie iniţială de particule.
Rezistenţă
Amplificator
Transmite fiecare impuls.
Spre numărător. Face un „clic" la fiecare impuls (intervalele neregulate arată că dezintegrarea radioactivă* este haotică).
Spre scala de înregistrare

Electroscopul cu impulsuri (Wulf)

Un **electroscop cu foiţă de aur**. Pereţii unei camere de aer din jurul discului formează **catodul*** şi pe o parte laterală se plasează **anodul***, aproape de foiţă. Aceasta atrage **electronii*** din cameră (foiţa se îndepărtează de tijă pentru că ambele sunt încărcate negativ, însă nu suficient ca să atingă anodul înainte de introducerea sursei radioactive). Foiţa indică prezenţa radiaţiei prin mişcarea înainte şi înapoi la fiecare **ionizare** produsă de aceasta).

Electroscopul cu impulsuri (Wulf)



*1. Radiaţia de la sursa radioactivă **ionizează** aerul din cameră.*

*2. Se formează **avalanşa** de ioni şi **electroni*** (vezi **contorul Geiger**).*

3. Ionii se deplasează spre catod, electronii intră prin disc şi sunt atraşi de anod.

*4. Foiţa se mişcă să atingă anodul când radiaţiile produc impulsul de curent (vezi **contorul Geiger**).*

5. Foiţa devine neutră şi se întoarce spre tijă, fiind influenţată de ionizarea produsă de sursă. Procesul începe din nou.

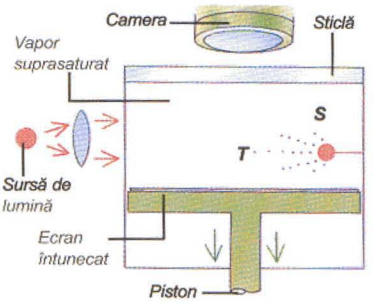
*Anod, Catod, 66 (Electrod); Electroni, 83;
Electroscop cu foiţă de aur, 56 (Electroscop); Dezintegrare radioactivă, 87; Rezistor, 62.

Camera cu ceață

Un dispozitiv în care traiectoria **particulelor*** **alfa** și **beta** apare sub formă de urme. Acest proces are loc când vaporii din cameră (vapori de apă sau alcool) se transformă, prin răcire (printr-una din cele două metode de mai jos) în vapori **suprasaturați**. Vaporul suprasaturat este vaporul la temperatura mai mică decât cea la care ar trebui să se condenseze, dar care nu se condensează, pentru că în mediu nu există particule pe care să se condenseze.

Camera cu ceață Wilson

Vaporii sunt răciți prin creșterea bruscă a volumului (retragerea pistonului).



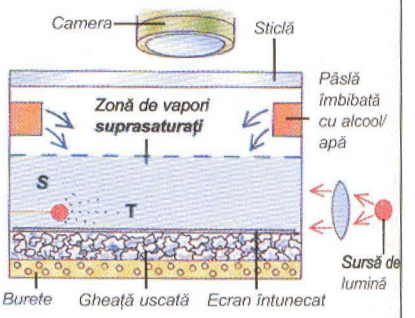
1. *Radiația de la sursa (**S**) cauzează **ionizarea*** vaporului.

2. *Ionii formați se comportă ca niște particule de praf, adică vaporii se condensează pe ei.*

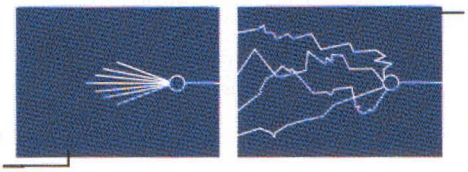
3. *Picăturile de lichid (**T**) se formează acolo unde s-au condensat vaporii (vizibile destul timp, ca ele să poată fi fotografiate).*

Camera cu ceață de difuzie

*Vaporii sunt răciți de un strat de gheață uscată (dioxid de carbon solid). Vaporii **difuzează*** *în jos.*



Traiectoria particulei în camera *cu ceață (dreapta) este produsă la intervale neregulate, arătând natura haotică a **dezintegrării radioactive***.*



*Urmele făcute de **particulele alfa*** *grele sunt scurte, drepte și groase.*

*Urmele lăsate de **particulele beta*** *ușoare sunt lungi, frânte și subțiri.*

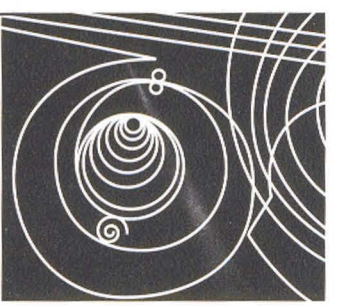
Radiațiile gamma *nu creează urme singure, dar pot produce ionizări. Electronii își măresc viteza și pot să lase urme ca și radiațiile beta (vezi stânga).*

Camera cu bule

Un dispozitiv care, asemenea camerei cu ceață, vizualizează urmele lăsate de particule. Conține lichid **supraîncălzit** (de obicei hidrogen sau heliu) – lichid încălzit peste temperatura de fierbere, dar care nu fierbe deoarece se află sub presiune. După scăderea bruscă a presiunii, particulele nucleare care intră brusc în cameră produc **ionizarea*** atomilor de lichid. Ionii devin centri de fierbere, producând urme de bule.

*Urmele lăsate în **camera cu bule** prezintă traiectoria particulelor nucleare.*

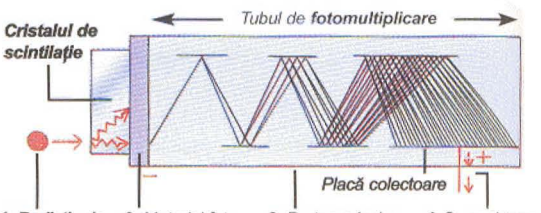
Urmele bulelor sunt în general curbe, deoarece se stabilește un câmp magnetic care deviază particulele. (Face ca identificarea să fie mai ușoară).



Detector cu scintilație

Un dispozitiv care detectează **radiațiile gamma***. Este alcătuit dintr-un **cristal (scintilator)** și un tub de **fotomultiplicare**. Cristalul este o substanță **fosforescentă*** (de ex., iodură de sodiu). Substanțele fosforescente, când sunt lovite de radiații, emit lumină (**scintilații**).

Aparatul de scintilație



1. ***Radiația de** la sursă face ca cristalul să emită lumină.*

2. *Material fotosensibil încărcat negativ. Când este atins de fasciculele luminoase, emite **electroni***.*

3. *Partea principală a tubului (**multiplicatorul de electroni**). Electronii sunt accelerați de câmpul electric, lovind plăcile metalice și eliberând și mai mulți electroni.*

4. *Se produce un impuls de curent puternic pentru fiecare **radiație gamma*** *inițială. Este urmărit pe **scala de înregistrare** (vezi **contorul Geiger**, pagina 89).*

***Particule alfa**, **Particule beta**, 86; **Difuziune**, 5; **Electroni**, 83; **Radiații gamma**, 86; **Ionizare**, 88; **Substanțe fosforice**, 44 (**Fosforescență**); **Dezintegrare radioactivă**, 87.*

UTILIZĂRILE RADIOACTIVITĂŢII

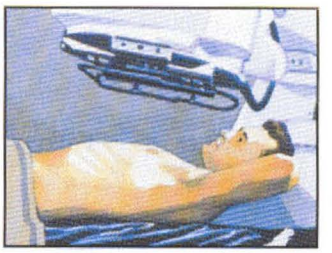
Radiaţiile emise de **radioizotopi** (substanţe radioactive) au o largă aplicabilitate, mai ales în domeniul medicinii, industriei şi cercetării arheologice.

Radiologia

Ramură a medicinii care foloseşte radioactivitatea şi **radiaţii X*** în diagnosticare şi tratament.

Radioterapia

Utilizarea radiaţiilor emise de **radioizotopi*** pentru tratarea unor boli. Toate celulele vii sunt susceptibile la radiaţii, astfel este posibil ca celulele maligne să fie distruse prin folosirea unor doze de radiaţii atent controlate.



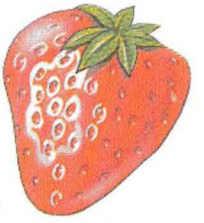
*Acest pacient este supus **radioterapiei externe**, în care radiaţia este emisă de un aparat din afara corpului. Unele tipuri de cancer pot fi tratate prin **implanturi radioactive** inserate în organism.*

Metoda trasorilor radioactivi

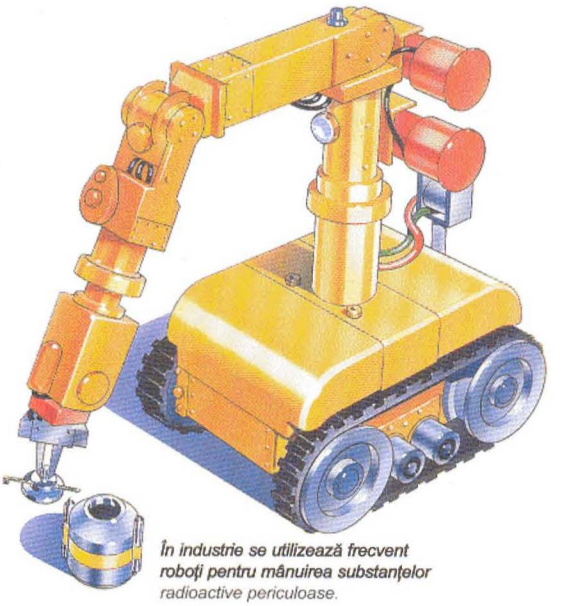
Urmărire a traseului unei substanţe printr-un corp şi detectarea concentraţiei sale în timpul deplasării ei. Aceasta se efectuează prin introducerea unui **radioizotop*** în substanţă şi prin urmărirea radiaţiei pe care aceasta o emite. Radioizotopul folosit se numeşte **substanţă de contrast** şi substanţa este etichetată. În diagnosticarea medicală, nivelul crescut de radioizotopi într-un organ poate să indice prezenţa celulelor maligne (canceroase). Radioizotopii utilizaţi au întotdeauna timp de înjumătăţire redus şi se dezintegrează în substanţe stabile.

Iradierea

Alimentele (fructele şi carnea) pot fi **iradiate** cu **radiaţii gamma***. Radiaţiile amână coacerea fructelor şi legumelor şi distrug bacteriile din carne, permiţând conservarea lor pentru mai mult timp.



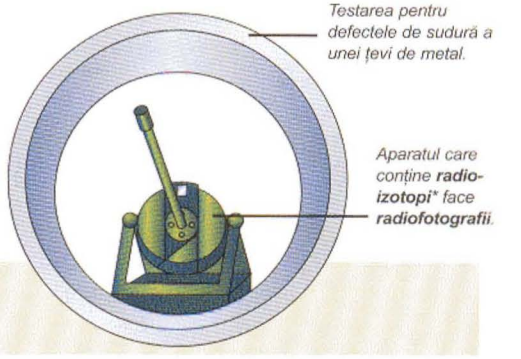
După două săptămâni, această căpşună iradiată este fermă şi proaspătă.



***În industrie se utilizează frecvent roboţi pentru mânuirea substanţelor** radioactive periculoase.*

Radiografia gamma (radiografia γ)

Reproducerea unei **radiografii** (similare unei fotografii) prin utilizarea **radiaţiilor gamma*** (vezi şi **radiografia cu raze X**, pagina 44). Are numeroase aplicaţii, printre care controlul de calitate din industrie.



Testarea pentru defectele de sudură a unei ţevi de metal.

*Aparatul care conţine **radioizotopi*** face **radiofotografii**.*

Datarea radiocarbonului

Metodă de calculare a timpului parcurs de la moartea materiei vii. Toate fiinţele vii conţin o cantitate redusă de carbon-14 (**radioizotop*** absorbit din atmosferă), care după moarte continuă să emită radiaţii. Această emisie scade treptat (carbonul-14 are timpul de **înjumătăţire*** de 5.700 de ani), astfel, vârsta reziduurilor poate fi calculată din intensitatea de radiaţie.

***Datarea radiocarbonului** a arătat că această insectă prinsă în chihlimbar are 5.000 de ani.*

*Radiaţii gamma, 86; **Timp de înjumătăţire**, 87; **Radioizotop**, 86; **Radiaţii X**, 44.

FISIUNEA ŞI FUZIUNEA NUCLEARĂ

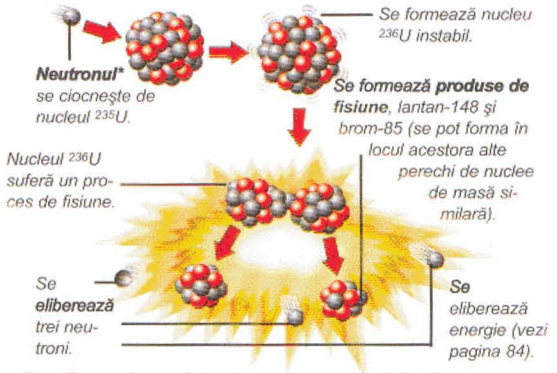
Nucleul unui atom (vezi pagina 82) deţine o mare cantitate de energie „acumulată" (vezi paginile 84-85). **Fisiunea nucleară** şi **fuziunea nucleară** sunt două metode prin care această energie se poate elibera. Ambele sunt **reacţii nucleare** (reacţii care aduc schimbări nucleului).

Nor în formă de ciupercă din explozia unei ***bombe de fisiune****.*

Fisiunea nucleară

Procesul prin care un nucleu greu se dezintegrează în două (sau mai multe) nuclee mai uşoare, de mărime aproximativ egală, cu eliberarea unei mari cantităţi de energie (vezi pagina 84) şi a doi sau trei **neutroni*** (**neutroni de fisiune**). Cele două nuclee mai uşoare sunt numite **produşi de fisiune** sau **fragmente de fisiune** şi majoritatea lor sunt **radioactive***. Fisiunea are loc (vezi **fisiunea indusă**) în **reactoare nucleare cu fisiune*** pentru a produce energie calorică. **Fisiunea spontană** are loc foarte rar.

Fisiunea indusă a uraniului-235


Se formează nucleu ^{236}U instabil.
Neutronul* se ciocneşte de nucleul ^{235}U.
Se formează produse de fisiune, lantan-148 şi brom-85 (se pot forma în locul acestora alte perechi de nuclee de masă similară).
Nucleul ^{236}U suferă un proces de fisiune.
Se eliberează trei neutroni.
Se eliberează energie (vezi pagina 84).

***Ecuaţia reacţiei nucleare** pentru reacţia de mai sus (vezi numărul de masă şi atomic, pagina 82):*

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{236}_{92}U \rightarrow ^{148}_{57}La + ^{85}_{35}Br + 3^{1}_{0}n + \text{energie}$$

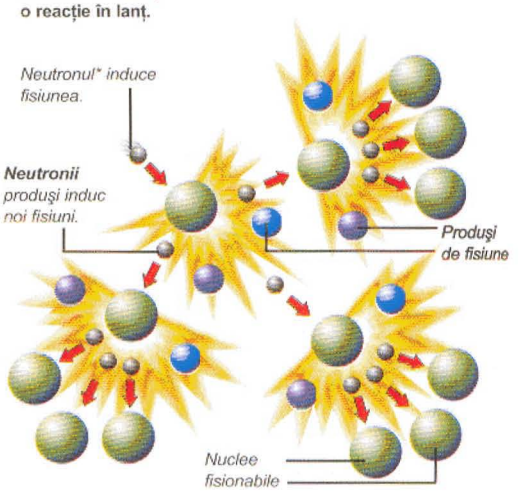
Fisiunea spontană

Fisiunea nucleară care are loc natural, fără intervenţia vreunui agent extern. Acest proces poate surveni în nucleul unui element greu, de exemplu, **izotopul*** uraniu-238, dar probabilitatea este mai scăzută în comparaţie cu procesul mai simplu care este o **dezintegrare alfa***.

Fisiunea indusă

Fisiunea nucleară a unui nucleu care prin metode artificiale a devenit instabil, de exemplu, fiind lovit de o particulă (frecvent de un **neutron***), care apoi este absorbită. Nu toate nucleele pot fi induse în fisiune prin această metodă; cele capabile de această fisiune, de exemplu **izotopii*** uraniu-235 şi plutoniu-239, sunt descrise ca fiind **fisionabile**. Dacă într-o substanţă există mai multe nuclee fisionabile (vezi şi **reactorul termic** şi cel FBR, pagina 95), neutronii eliberaţi de fisiunea indusă vor cauza noi fisiuni (şi neutroni) ş.a.m.d. Aceasta se numeşte **reacţie în lanţ**. Într-un **reactor nuclear cu fisiune*** are loc o reacţie în lanţ bine controlată, dar cea care se petrece într-o **bombă cu fisiune** este necontrolată şi periculoasă.

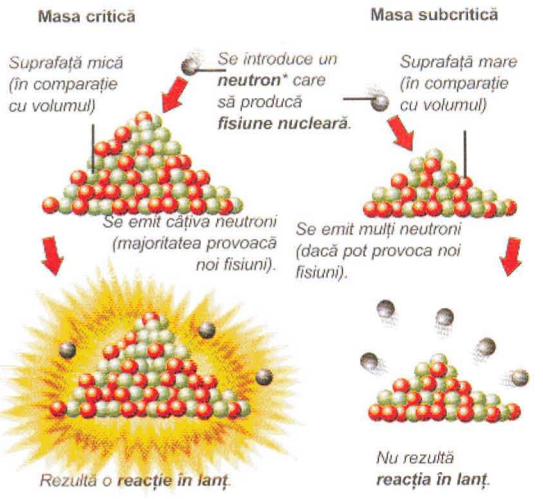
Fisiunea indusă provoacă o reacţie în lanţ.



*Dezintegrare alfa, 87; Reactor nuclear cu fisiune, 94; Izotopi, 83; Neutroni, 82; Radioactivitate, 86.

Masa critică

Masa minimă a unei substanţe **fisionabile** necesare susţinerii unei **reacţii în lanţ** (vezi **fisiunea indusă**). În **masele subcritice** mai mici, raportul dintre suprafaţă şi volum este prea mare şi se eliberează în atmosferă mulţi din **neutronii*** produşi de prima fisiune. Combustibilul nuclear este păstrat în mase subcritice.


Masa critică
Masa subcritică
Suprafaţă mică (în comparaţie cu volumul)
Se introduce un neutron* care să producă fisiune nucleară.
Suprafaţă mare (în comparaţie cu volumul)
Se emit câţiva neutroni (majoritatea provoacă noi fisiuni).
Se emit mulţi neutroni (dacă pot provoca noi fisiuni).
Rezultă o reacţie în lanţ.
Nu rezultă reacţia în lanţ.

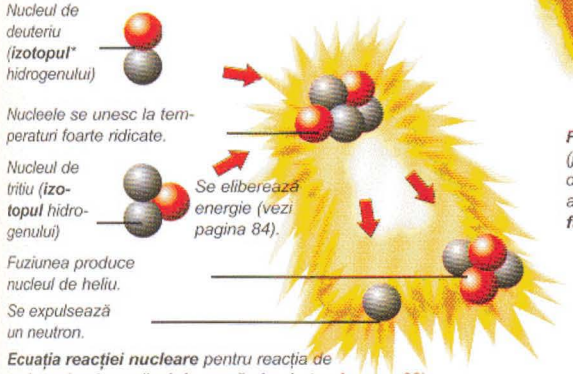
Bomba cu fisiune sau bomba atomică (nucleară) (bomba A)

Bombă în care două **mase subcritice** (vezi sus) sunt unite pentru declanşarea unei explozii. **Reacţia în lanţ** (vezi **fisiunea indusă**) rezultată eliberează o cantitate uriaşă de energie.

Fuziunea nucleară

Reacţia nucleară de sinteză a nucleelor uşoare prin care formează unul mai greu, mai stabil, cu eliberare masivă de energie (vezi şi pagina 84). Spre deosebire de **fisiunea nucleară**, aceasta nu generează deşeuri **radioactive***. Fuziunea nucleară necesită temperaturi de milioane de grade Celsius, pentru a putea da nucleelor destulă **energie cinetică*** pentru fuzionarea lor. (Datorită temperaturilor ridicate, reacţiile de fuziune se mai numesc **reacţii termonucleare**.) Pe cale naturală, se petrece numai în Soare (şi în stele ca acesta), dar cercetările continuă cu scopul de a obţine fuziunea indusă, controlată în **reactori termonucleari (cu fuziune)***.

Exemplu de fuziune nucleară
*(**Reacţie D-T** – vezi şi **reactorul de fuziune**, pagina 94.)*


Nucleul de deuteriu (izotopul* hidrogenului)
Nucleele se unesc la temperaturi foarte ridicate.
Nucleul de tritiu (izotopul hidrogenului)
Se eliberează energie (vezi pagina 84).
Fuziunea produce nucleul de heliu.
Se expulsează un neutron.

***Ecuaţia reacţiei nucleare** pentru reacţia de mai sus (vezi **numărul de masă şi cel atomic**, pag. 82):*

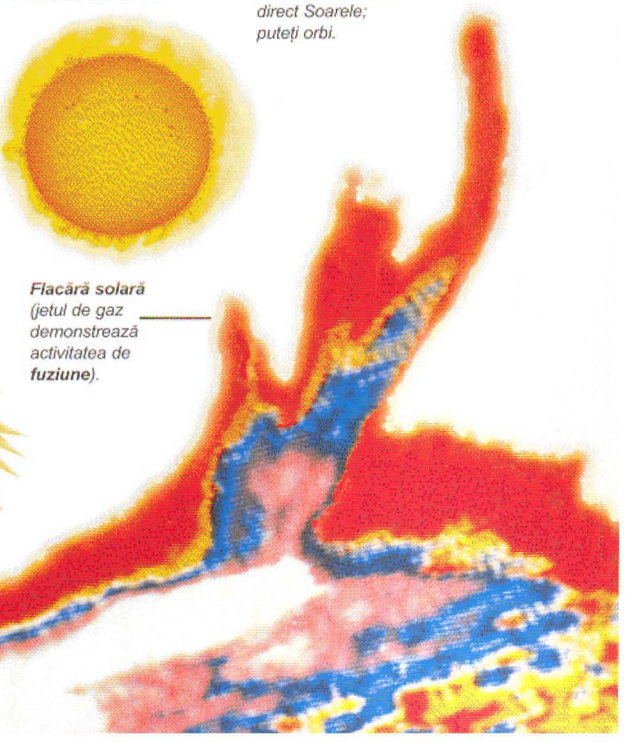
$$^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n + \text{energie}$$

Bomba termonucleară sau bomba cu hidrogen (bomba H)

Bombă în care **fuziunea nucleară** are loc într-un amestec de tritiu şi deuteriu (**izotopii*** hidrogenului). Declanşarea unei bombe atomice creează temperatura crescută necesară (bombele termonucleare se mai numesc **bombe cu fisiune-fuziune**). Energia eliberată este de circa 30 de ori mai mare decât cea eliberată de o bombă cu fisiune de aceeaşi mărime.

*În Soare, hidrogenul suferă o **fuziune nucleară**.*

***AVERTISMENT:** Nu priviţi niciodată direct Soarele; puteţi orbi.*



*Reactor termonucleari, 94; Izotopi, 83; Energie cinetică, 9; Neutroni, 82; Radioactivitate, 86.

ENERGIA DATĂ DE REACȚIILE NUCLEARE

Reactorul nuclear este o instalație complexă în interiorul căreia reacțiile nucleare produc cantități uriașe de căldură. Există două modele principale de reactoare – **reactori nucleari cu fisiune** și **reactori nucleari cu fuziune** (termonucleare), cu toate că ultimul se află încă sub cercetare. Toate centralele electrice nucleare de astăzi sunt construite în jurul unui **reactor central cu fisiune** și fiecare generează, pe unitatea de masă a combustibilului, cantități mult mai mari de curent electric decât oricare alt tip de centrală electrică.

Reactorul nuclear cu fisiune

Reactor nuclear în care căldura este produsă prin **fisiune nucleară***. În centralele electrice nucleare se folosesc două tipuri principale – **reactori termici** și **reactori omogeni** (vezi pagina alăturată), ambele folosind ca și combustibil de bază uraniul. Materialul fisionabil, uraniul, se află sub formă de bare, așezate în masca de moderator. **Barele de control** absorb neutronii.

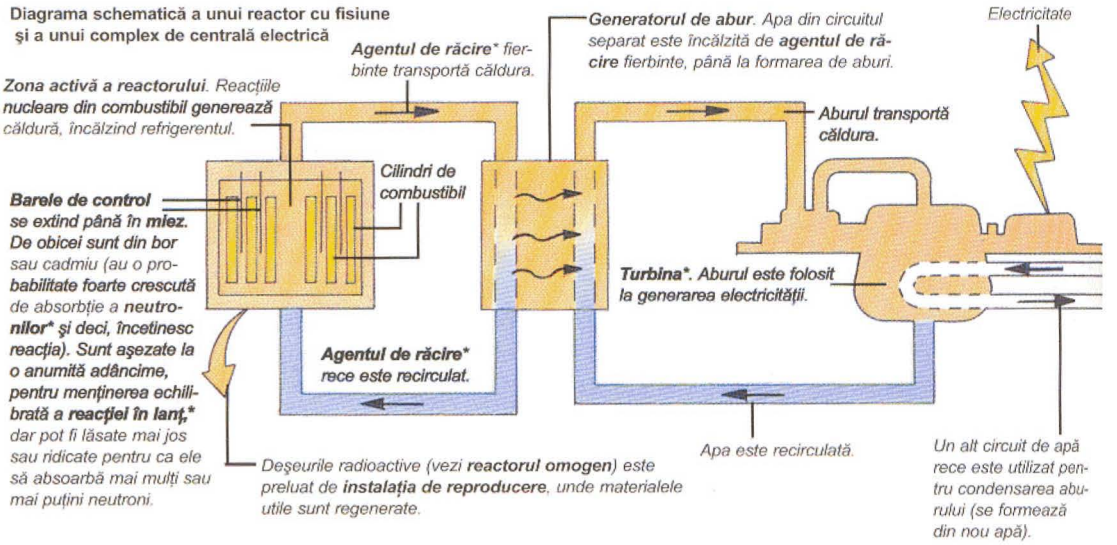
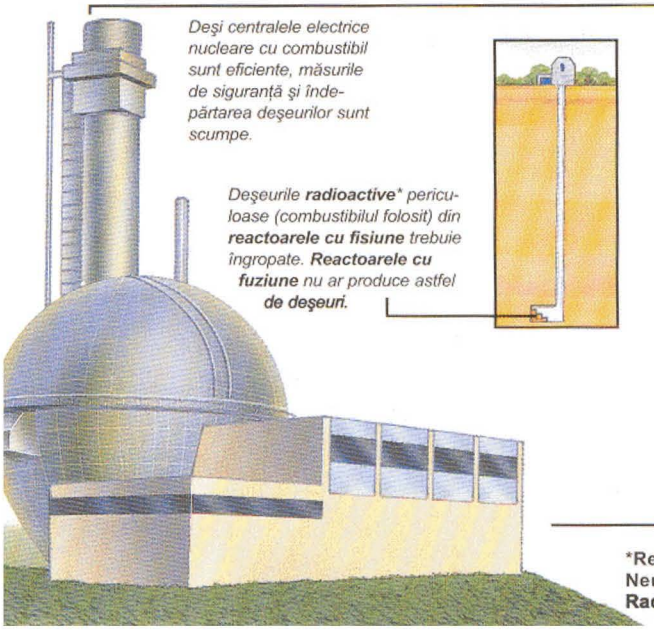


Diagrama schematică a unui reactor cu fisiune și a unui complex de centrală electrică
Agentul de răcire* fierbinte transportă căldura.
Generatorul de abur. Apa din circuitul separat este încălzită de agentul de răcire fierbinte, până la formarea de aburi.
Electricitate
Zona activă a reactorului. Reacțiile nucleare din combustibil generează căldură, încălzind refrigerentul.
Aburul transportă căldura.
Cilindri de combustibil
Barele de control se extind până în miez. De obicei sunt din bor sau cadmiu (au o probabilitate foarte crescută de absorbție a neutronilor* și deci, încetinesc reacția). Sunt așezate la o anumită adâncime, pentru menținerea echilibrată a reacției în lanț,* dar pot fi lăsate mai jos sau ridicate pentru ca ele să absoarbă mai mulți sau mai puțini neutroni.
Turbina*. Aburul este folosit la generarea electricității.
Agentul de răcire* rece este recirculat.
Apa este recirculată.
Un alt circuit de apă rece este utilizat pentru condensarea aburului (se formează din nou apă).
Deșeurile radioactive (vezi reactorul omogen) este preluat de instalația de reproducere, unde materialele utile sunt regenerate.


Deși centralele electrice nucleare cu combustibil sunt eficiente, măsurile de siguranță și îndepărtarea deșeurilor sunt scumpe.
Deșeurile radioactive* periculoase (combustibilul folosit) din reactoarele cu fisiune trebuie îngropate. Reactoarele cu fuziune nu ar produce astfel de deșeuri.

Reactorul termonuclear (cu fuziune)

Reactor nuclear, cercetat, dar până acum insuficient dezvoltat, în care căldura s-ar produce prin **fuziune nucleară***. Aceasta ar consta, probabil, din fuziunea nucleelor **izotopilor*** de hidrogen, deuteriu și tritiu – numită **reacția D-T** (vezi imaginea, pagina 93). Există câteva probleme majore care trebuie rezolvate înainte ca reactorul cu fuziune să devină realitate, dar acesta ar produce aproape de patru ori mai multă energie pe unitatea de masă de combustibil, decât **reactorul cu fisiune**. De asemenea, hidrogenul există în abundență, pe când uraniul este rar și mineritul lui este scump și periculos.

*Reacție în lanț, 92 (Fisiune indusă); Izotopi, 83; Neutroni, 82; Fisiune nucleară, 92; Fuziune nucleară, 93; Radioactivitate, 86; Turbină, 115.

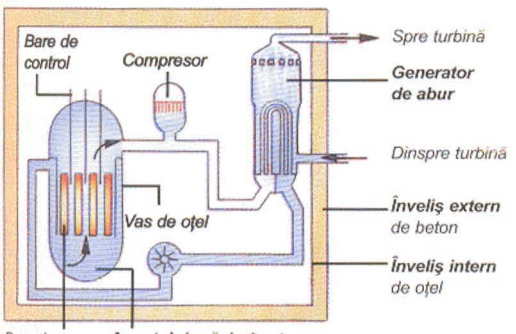
Tipuri de reactori nucleari

Reactorul termic

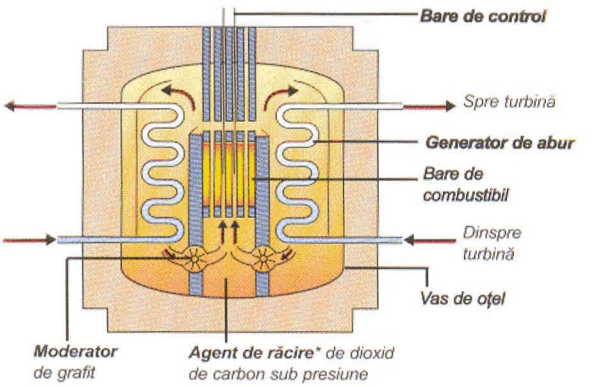
Reactorul cu fisiune care, în jurul barelor de combustibil, are un **moderator**. Moderatorul este o substanţă cu nuclee uşoare, cum ar fi grafitul sau apa. Este folosit pentru a încetini **neutronii*** rapizi produşi de prima fisiune din combustibilul de uraniu, care sunt încetiniţi cu aproximativ 2.200 m/s. Încetinirea neutronilor îmbunătăţeşte şansa de a cauza noi fisiuni (şi continuarea **reacţiei în lanţ**). Neutronii mai rapizi sunt „capturaţi" de cele mai abundente nuclee – cele ale **izotopilor*** de uraniu-238 (vezi **reactorul omogen**), pe când neutronii lenţi merg mai departe până întâlnesc nucleele de uraniu-235. Când sunt ciocniţi de neutroni (oricare ar fi viteza lor), vor suferi procesul de fisiune, dar vor folosi un procent mai mic de combustibil (în ciuda faptului că acum sunt îmbogăţiţi cu atomi de 235U).

Reactoare termice

Reactor nuclear moderat şi răcit cu apă sub presiune (PWR)

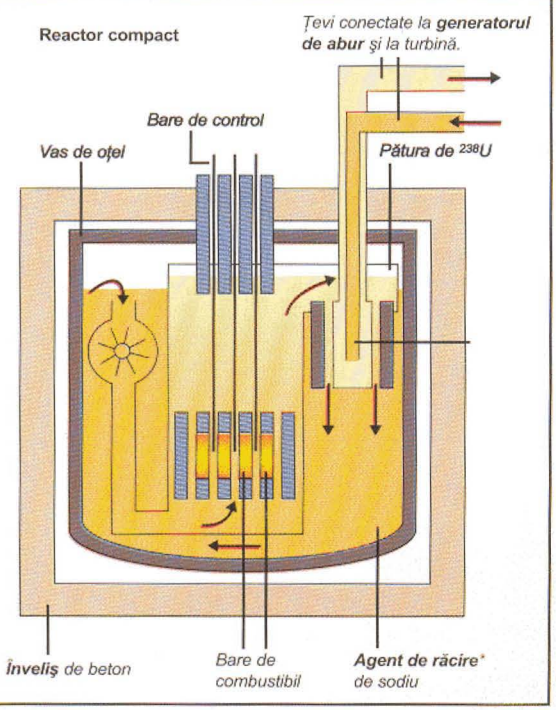


Reactor nuclear răcit cu gaz şi moderat cu grafit (AGR)



Reactorul reproducător rapid sau **omogen (FBR – fast breeder reactor)**
Reactor cu fisiune în interiorul căruia **neutronii*** care cauzează fisiunea pot să rămână neutroni rapizi (se deplasează cu circa 2×10^7 m/s). Combustibilul utilizat este îmbogăţit continuu cu nuclee de uraniu-235 (vezi **reactorul termic**) şi plutoniu-239. Ambele substanţe fisionează uşor când sunt ciocnite de neutronii rapizi, spre deosebire de uraniu-238, care este mult mai probabil să „capteze" neutronii (devenind ^{239}U) şi să sufere **dezintegrare radioactivă***. Produsul final al acestei dezintegrări este ^{239}Pu. Reactoarele omogene sunt numite şi „crescătoare", deoarece acest proces de dezintegrare a ^{239}U la ^{239}Pu se petrece într-o zonă periferică de ^{238}U din jurul combustibilului principal. Deci se creează şi se acumulează mai mult combustibil. Reactorii omogeni au zona activă mai omogenă şi funcţionează la temperaturi mai mari decât reactorii termici. Reactorul are putere mare.

Reactor compact


Ţevi conectate la generatorul de abur şi la turbină.
Bare de control
Vas de oţel
Pătura de 238U
Înveliş de beton
Bare de combustibil
Agent de răcire* de sodiu

*Reacţie în lanţ, 92 (**Fisiune indusă**); **Agent de răcire**, 115; **Izotopi**, 83; **Neutroni**, 82; **Dezintegrare radioactivă**, 87.

MĂRIMI ŞI UNITĂŢI

Mărimile fizice importante sunt **masa***, **forţa*** şi **intensitatea*** curentului, utilizate în fizică. Ele trebuie măsurate într-un fel şi, de aceea, fiecare are câte o **unitate de măsură** specifică. Aceasta este aleasă printr-o înţelegere internaţională şi sunt numite unităţi ale **Sistemului Internaţional** sau **unităţi SI** – prescurtat din limba franceză, Systeme International d'Unités. Aici sunt clasificate toate **mărimile de bază**, precum şi **cele derivate** din ele.

Mărimile fundamentale

Mărimi (vezi **mărimi derivate**) pe baza cărora se pot defini toate celelalte mărimi (vezi tabelul de mai jos).
Fiecare mărime fundamentală îşi are **unitatea de măsură SI fundamentală**, pe baza căreia se poate defini orice altă unitate SI.

Mărimea fundamentală	Simbolul	Unitatea SI fundamentală	Prescurtări
Masa	*m*	*kilogram*	*kg*
Timpul	*t*	*secundă*	*s*
Lungimea	*l*	*metru*	*m*
Intensitatea	*I*	*amper*	*A*
Temperatura	*T*	*kelvin*	*K*
Cantitatea de substanţă	–	*mol*	*mol*
Intensitatea luminoasă	–	*candelă*	*cd*

Prefixele

Uneori, unitatea SI dată poate fi prea mare sau prea mică pentru a fi utilizată, de exemplu, metrul este prea mare pentru măsurarea grosimii unei coli de hârtie. De aceea, se recurge la multiplii şi submultiplii unităţilor SI şi sunt notaţi prin folosirea unui prefix (vezi tabelul de mai jos).
De pildă, milimetrul (mm) este egal cu o miime de metru.

Multipli şi submultipli utilizaţi

Multiplu sau submultiplu	Prefix	Simbol
10^{-9}	*nano-*	*n*
10^{-6}	*micro-*	*μ*
10^{-3}	*mili-*	*m*
10^{-2}	*centi-*	*c*
10^{-1}	*deci-*	*d*
10^{1}	*deca-*	*dc*
10^{2}	*hecto-*	*h*
10^{3}	*kilo-*	*k*
10^{6}	*mega-*	*M*
10^{9}	*giga-*	*G*

Unităţi SI fundamentale

Kilogramul (kg)

Unitatea SI pentru masă. Este egal cu masa unui cilindru de platină iridiată, care este un prototip internaţional, păstrat la Sèvre, lângă Paris.

Secunda (s)

Unitatea SI pentru timp. Este egală cu intervalul de timp de 9.192.631.770 **perioade*** de oscilaţie ale unui anumit tip de radiaţie emise de atomul de cesiu-133.

Metrul (m)

Unitatea SI pentru lungime. Este egal cu distanţa străbătută de lumină în vid în $^{1}/_{299.792.458}$/sec.

Amperul (A)

Unitatea SI pentru curentul electric (vezi şi pagina 60). Este egal cu mărimea unui curent care trece prin doi conductori paraleli, infinit de lungi şi drepţi, în vid, şi care produce între conductori o forţă de 2×10^{-7} N la fiecare metru.

Kelvin (K)

Unitatea SI pentru temperatură. Este egal cu $^{1}/_{273,16}$ din temperatura **punctului triplu** al apei (punctul la care gheaţa, apa şi vaporul pot exista în acelaşi timp), la scara **temperaturii absolute***.

Molul (mol)

Unitatea SI pentru cantitatea de substanţă (reţineţi că este diferit de masă, pentru că aceasta este numărul de particule din substanţă). Este egal cu cantitatea de substanţă care conţine $6,023 \times 10^{23}$ (acesta este **numărul lui Avogadro**) particule (de exemplu, atomi sau molecule).

Candela (cd)

Unitatea SI pentru intensitatea luminoasă. Este egală cu intensitatea luminoasă în direcţia normală a ariei $^{1}/_{600.000}$ m^2 a unui **corp negru*** la temperatura de îngheţare a platinei.

*Scara temperaturii absolute, 27; Corp negru, 29 (Cubul lui Leslie); Curent, 60; Forţă, 6; Masă, 12; Perioadă, 16.

Mărimile derivate

Mărimi, altele decât **mărimile fundamentale**, care sunt definite în funcție de aceste mărimi sau în funcție de alte mărimi derivate. Mărimile derivate sunt **derivate ale unităților SI**, care sunt definite în funcție de **unitățile SI fundamentale** sau alte unități derivate. Ele sunt calculate din formele de definiție pentru mărime și uneori primesc denumiri speciale.

Mărimi derivate	Simbol	Formula de definiție	Unități SI derivate	Denumirea unității	Prescurtare
Viteza	v	$v = \frac{\text{lungimea}}{\text{timp}}$	m/s	–	–
Accelerația	a	$a = \frac{\text{viteza}}{\text{timp}}$	m/s^{-2}	–	–
Forța	F	F = masa × accelerația	$kg\ m/s^{-2}$	newton	N
Lucrul mecanic	W	W = forța × distanța	$N\ m$	joule	J
Energia	E	Capacitatea de a efectua lucru mecanic	J	–	–
Puterea	P	$P = \frac{\text{lucrul mecanic}}{\text{timp}}$	J/s	watt	W
Suprafața	A	Depinde de formă (vezi pag. 101)	m^2	–	–
Volumul	V	Depinde de formă (vezi pag. 101)	m^3	–	–
Densitatea	ρ	$\rho = \frac{\text{masa}}{\text{volum}}$	$kg\ m^{-3}$	–	–
Presiunea	P	$P = \frac{\text{forța}}{\text{suprafață}}$	N/m^2	pascal	Pa
Perioada	T	Durata unui ciclu	s	–	–
Frecvența	f	Numărul de cicli pe secundă	s^{-1}	hertz	Hz
Impulsul	–	Impulsul = forța × timpul	$N\ s$	–	–
Momentul	–	Momentul = masa × viteza	$kg\ m/s$	–	–
Sarcina electrică	Q	Q = intensitatea × timpul	$A\ s$	coulomb	C
Diferența de potențial	V	$V = \frac{\text{energia transferată}}{\text{sarcina electrică}}$	$J\ C^{-1}$	volt	V
Capacitatea	C	$C = \frac{\text{sarcina electrică}}{\text{diferența de potențial}}$	$C\ V^{-1}$	farad	F
Rezistența	R	$R = \frac{\text{lungimea}}{\text{intensitatea}}$	$V\ A^{-1}$	ohm	Ω

ECUAȚII, SIMBOLURI ȘI GRAFICE

Toate **mărimile fizice** (vezi paginile 96-97) și unitățile lor pot fi reprezentate prin **simboluri** și, într-un fel, sunt dependente de alte mărimi. De aceea, între ele există o relație care poate fi exprimată printr-o **ecuație** și poate fi prezentată pe un **grafic**.

Ecuațiile

Ecuația reprezintă relația dintre două sau mai multe mărimi fizice. Această relație poate fi exprimată printr-o **ecuație de cuvinte** sau printr-o ecuație cu **simbolurile** care reprezintă mărimile respective. Ultima este utilizată atunci când sunt implicate mai multe mărimi, întrebuințarea ei fiind mai ușoară. Rețineți că trebuie stabilit înțelesul simbolurilor.

Ecuație de cuvinte

$$\text{Densitatea} = \frac{\text{masa}}{\text{volum}}$$

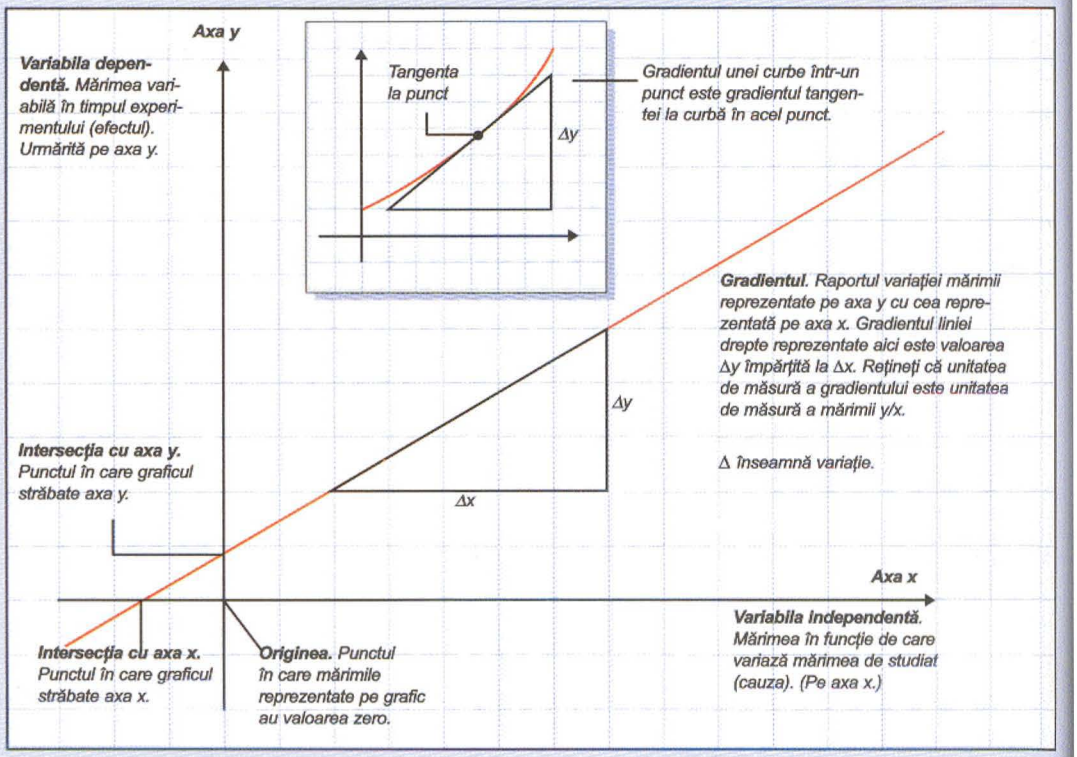
Ecuație de simboluri

$$Q = m \times c \times (t_2 - t_1) \text{ sau } Q = mc(t_2 - t_1)$$

unde Q = energia calorică dată sau primită; m = masa; c = capacitatea calorică specifică; t_1 și t_2 = temperaturile

Graficele

Graficul este reprezentarea vizuală a relației dintre două mărimi. Arată cum depinde o mărime de cealaltă. Punctele de pe grafic sunt trasate folosind valori pentru mărimile obținute în timpul unui experiment sau, dacă este cunoscută, prin folosirea ecuației pentru această relație. Cele două mărimi reprezentate se numesc **variabile**.


Axa y
Variabila dependentă. Mărimea variabilă în timpul experimentului (efectul). Urmărită pe axa y.
Tangenta la punct
Δy
Gradientul unei curbe într-un punct este gradientul tangentei la curbă în acel punct.
Gradientul. Raportul variației mărimii reprezentate pe axa y cu cea reprezentată pe axa x. Gradientul liniei drepte reprezentate aici este valoarea Δy împărțită la Δx. Rețineți că unitatea de măsură a gradientului este unitatea de măsură a mărimii y/x.
Δ înseamnă variație.
Δy
Δx
Intersecția cu axa y. Punctul în care graficul străbate axa y.
Axa x
Variabila independentă. Mărimea în funcție de care variază mărimea de studiat (cauza). (Pe axa x.)
Intersecția cu axa x. Punctul în care graficul străbate axa x.
Originea. Punctul în care mărimile reprezentate pe grafic au valoarea zero.

Simbolurile

Simbolurile sunt utilizate pentru reprezentarea **mărimilor fizice**. Valoarea unei mărimi fizice constă dintr-o valoare numerică și unitatea ei de măsură. De aceea, orice simbol reprezintă atât o cifră, cât și o unitate.

Simbolurile reprezintă cifra și unitatea de măsură, de ex., m = 2,1 kg sau s = 400 J/kg/K

„Curentul printr-un rezistor = **I**" (dacă unitatea de măsură este inclusă, nu este nevoie să spunem **I** amperi).

Rețineți că simbolul împărțit la o unitate de măsură este o cifră pură, de exemplu, m = 2,1 kg înseamnă că m/kg = 2,1.

În tabele și la notarea axelor din grafice, se folosesc aceste notații.

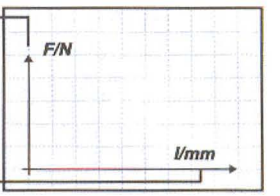
Orice cifră din această coloană reprezintă o lungime exprimată în metri.

Orice cifră din această coloană reprezintă timpul la pătrat, măsurat în secunde la pătrat.

l/m	t^2/s^2
0.9	3.6
1.0	4.0
1.1	4.4
1.2	4.8

Orice cifră de pe această scală reprezintă o forță exprimată în newtoni.

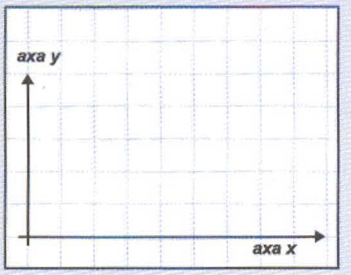
Orice cifră de pe această scală reprezintă o lungime exprimată în milimetri.



Reprezentările grafice

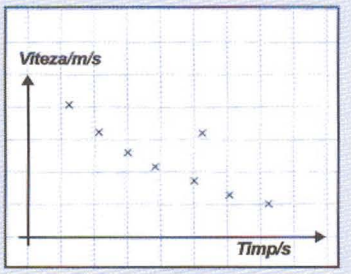
1. Mărimea de control într-un experiment trebuie reprezentată pe axa x, iar mărimea care variază ca urmare a experimentului, pe axa y.

2. Axa trebuie să indice valori ușor de găsit. (Evitați pătratele care reprezintă multipli de trei.)

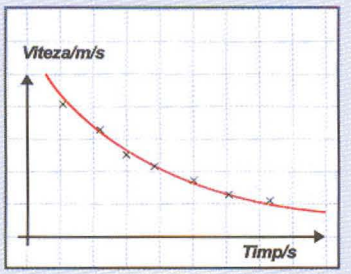


3. Axele trebuie notate cu simbolul care reprezintă mărimea (sau denumirea mărimii) și cu unitatea ei de măsură, cum ar fi lungimea/mm.

4. Punctele de pe grafic trebuie notate cu creionul cu x sau cu o.

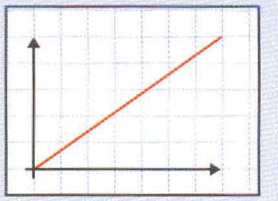


5. Prin legarea punctelor, se desenează o linie curbă sau dreaptă (deoarece mărimile fizice sunt de obicei în legătură într-un mod definit). Rețineți că prin unirea punctelor nu va rezulta întotdeauna o curbă precisă. Se datorează erorilor experimentale.

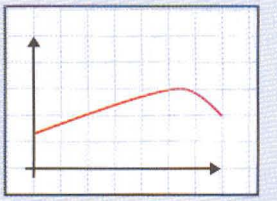


Informațiile date de grafice

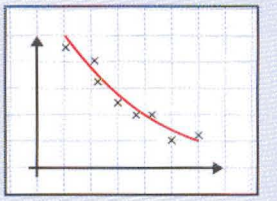
Graficul unei linii drepte care trece prin origine arată că mărimile reprezentate pe axe sunt direct proporționale (dacă una se dublează, se dublează și cealaltă).



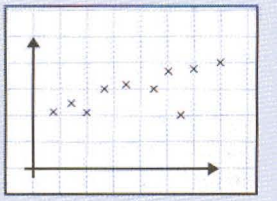
Un segment de linie dreaptă pe un grafic arată zona în care relația dintre cele două mărimi este liniară (una se modifică cu aceeași cantitate la o variație constantă a celeilalte).



Punctele împrăștiate pe lângă curba teoretică indică erorile de date rezultate din imprecizia procedeului, aparaturii și măsurării (se întâmplă în orice experiment).



Punctele aflate, la o distanță față de curbă se datorează, probabil, unei erori în măsurarea acelei părți de date din experiment. Totuși, punctul nu trebuie ignorat – trebuie verificat și, dacă e posibil, să se refacă măsurătorile.



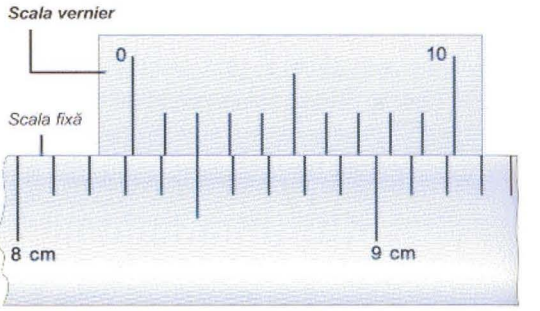
MĂSURĂTORI

Măsurarea lungimii

Metoda folosită pentru măsurarea lungimii depinde de mărimea lungimii. Pentru lungimi de 50 mm sau mai mult, se utilizează rigla gradată. În mod normal, cea mai mică diviziune este 1milimetru şi, astfel, lungimile pot fi estimate până la cea mai apropiată jumătate de milimetru. Pentru lungimile mai mici de 0,5 mm, eroarea implicată ar fi inacceptabilă (vezi şi **eroarea de citire**, pagina 103). De aceea se utilizează **scala vernier**. Pentru măsurarea lungimilor foarte mici (până la 0,01 mm), se foloseşte **şublerul micrometric** (vezi pagina alăturată).

Scala vernier

O scală scurtă care alunecă pe o altă scală fixă. Poziţia de pe scala fixă a liniei zero se poate găsi cu precizie. Este utilizată la măsurătorile cu anumite dispozitive, cum ar fi **şublerele vernier**.



Metoda poziţiei de citire a gradaţiei zero pe o scală vernier:

1. Citiţi cu aproximaţie poziţia gradaţiei zero – în acest caz 8,3 cm.

2. Găsiţi pe scala vernier poziţia în care gradaţiile coincid – în acest caz 2.

3. Adăugaţi aceasta la figura precedentă – citirea exactă este 8,32 cm.

Şublerul vernier

Instrument care conţine o **scală vernier**, folosit la măsurarea lungimilor între 10 şi 100 mm.

Metoda de măsurare:

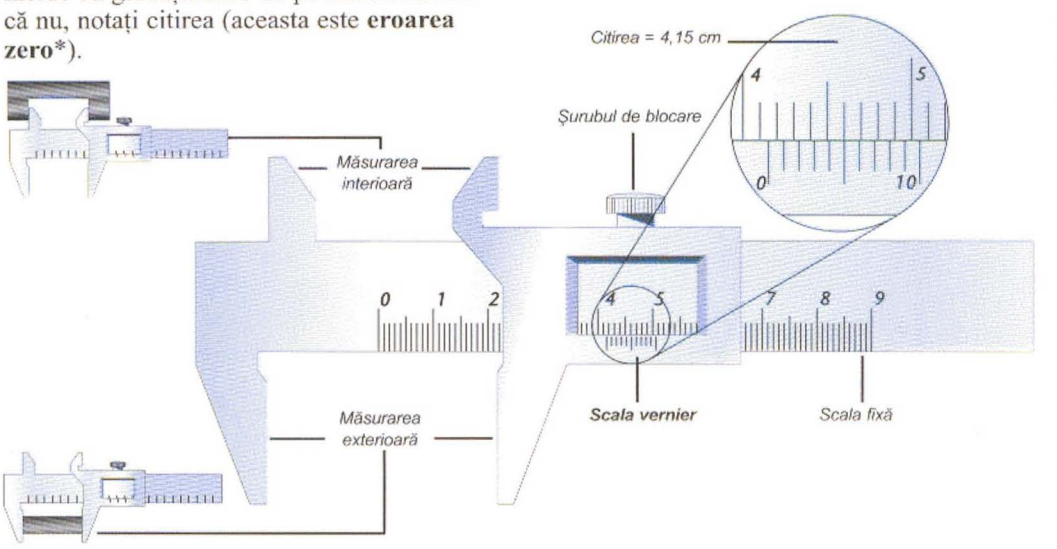
1. Închideţi fălcile dispozitivului şi verificaţi dacă **gradaţia zero** de pe **scala vernier** coincide cu gradaţia zero de pe scala fixă. Dacă nu, notaţi citirea (aceasta este **eroarea zero***).

2. Închideţi sau deschideţi fălcile pe obiectul de măsurat.

3. Blocaţi pe poziţie falca mobilă.

4. Înregistraţi citirea de pe scală.

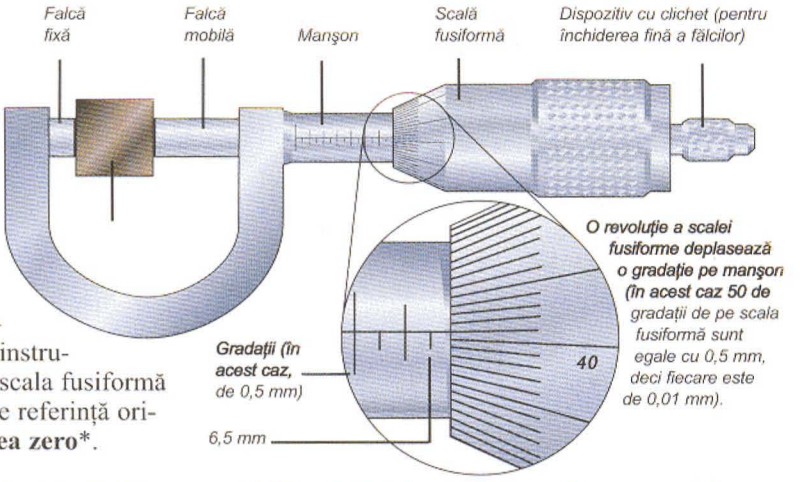
5. Adăugaţi sau scădeţi eroarea zero (vezi 1), pentru a obţine citirea corectă.



*Eroare zero, 102.

Șublerul micrometric

Instrument folosit pentru măsurători exacte de până la 30 mm.


Falcă fixă
Falcă mobilă
Manșon
Scală fusiformă
Dispozitiv cu clichet (pentru închiderea fină a fălcilor)
O revoluție a scalei fusiforme deplasează o gradație pe manșon (în acest caz 50 de gradații de pe scala fusiformă sunt egale cu 0,5 mm, deci fiecare este de 0,01 mm).
Gradații (în acest caz, de 0,5 mm)
40
6,5 mm

Metoda de măsurare:

1. Căutați valoarea unei diviziuni de pe scala fusiformă (vezi diagrama).

2. Folosind dispozitivul cu clichet, închideți complet fălcile instrumentului. Gradația zero de pe scala fusiformă ar trebui să coincidă cu linia de referință orizontală. Dacă nu, notați **eroarea zero***.

3. Folosind dispozitivul cu clichet, închideți fălcile pe obiectul de măsurat, până se blochează.

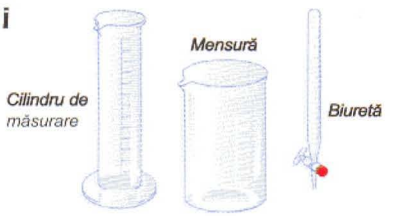
4. Notați citirea celei mai ridicate gradații vizibile de pe scala manșonului (în acest caz 6,5 mm).

5. Notați diviziunea de pe scala manșonului, care coincide cu linia de referință orizontală (în acest caz 0,41 mm).

6. Adunați valorile celor două citiri și adăugați sau scădeți eroarea zero (vezi 2) pentru obținerea citirii corecte (în acest caz 6,91 mm).

Măsurarea suprafeței și a volumului

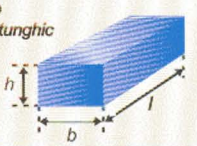
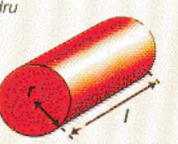
Volumul unui lichid se calculează din spațiul pe care îl ocupă într-un vas. Volumul interior al vasului are ca **unitate de măsură*** pentru acest volum **litrul (l)**, egal cu $10^{-3}m^3$. Reținеți că 1 ml = 1 cm^3. Volumul unui lichid se măsoară folosind un vas gradat.



Exemple de vase gradate pentru măsurarea volumului

Suprafața și volumul unui corp solid de formă regulată se calculează din măsurătorile de lungime ale obiectului (vezi jos).

Pentru corpurile solide de formă neregulată, vezi **vasul eureka**, pagina 24.

Corp cu formă regulată	*Corp dreptunghic* 	*Sferă*	*Cilindru* 
Măsurările se efectuează cu ***șublerul vernier*** *sau cu* ***șublerul micrometric****.*	*h = înălțimea* *b = lățimea* *l = lungimea*	*r = raza*	*r = raza* *l = lungimea*
Volumul V al corpului calculat din	$V = lbh$	$V = {}^4/_3 \pi r^3$	$V = \pi r^2 l$
Suprafața A calculată din	$A = 2bl + 2hl + 2hb$ *Baza Suprafețe Laterale*	$A = 4\pi r^2$	$A = 2\pi rl + 2\pi r^2$ *Suprafața laterală Baza*

*Unități SI, 96; **Eroare zero**, 102.

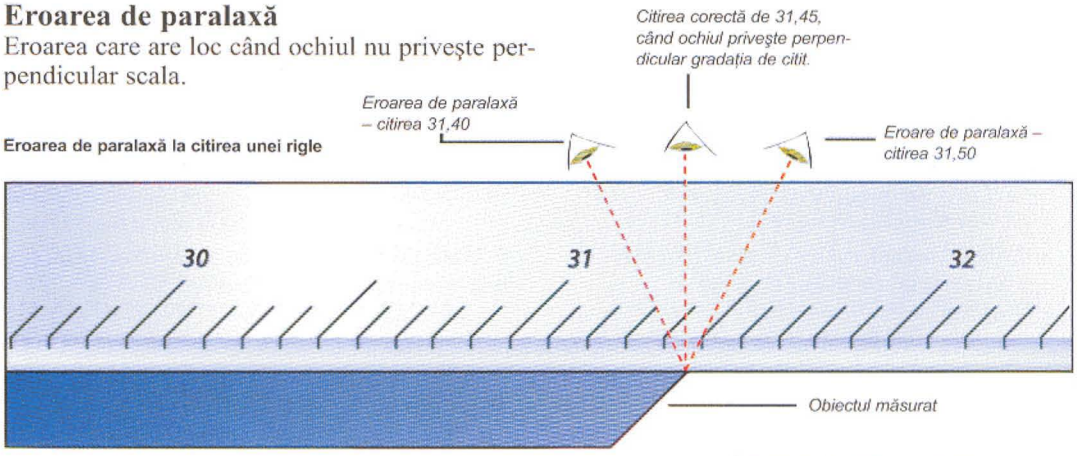
PRECIZIE ŞI EROARE

Toate măsurătorile experimentale sunt subiectul unor erori, altele decât cele cauzate de neatenție (precum citirea incorectă a scalei). Cele mai obişnuite erori care survin sunt **erorile de paralaxă**, **erorile zero** şi **erorile de citire**. De aceea, pentru susținerea unei citiri ar trebui reprezentate câteva **cifre semnificative** care să dea o estimare a preciziei de citire.

Eroarea de paralaxă

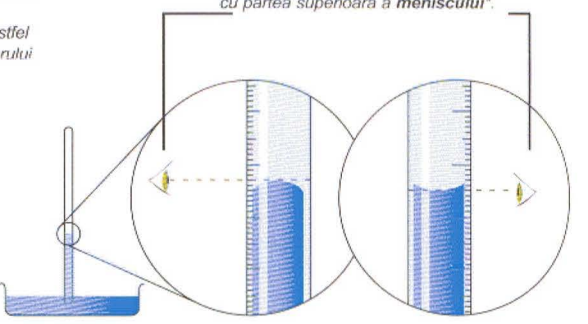
Eroarea care are loc când ochiul nu privește perpendicular scala.

Eroarea de paralaxă la citirea unei rigle


Citirea corectă de 31,45, când ochiul privește perpendicular gradația de citit.
Eroarea de paralaxă – citirea 31,40
Eroare de paralaxă – citirea 31,50
30
31
32
Obiectul măsurat

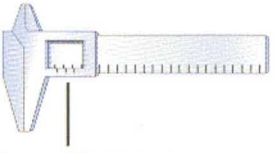
Unele scale cu indicator au în spatele indicatorului o oglindă. Citirea corectă este obținută prin plasarea ochiului astfel ca reflexia indicatorului să nu deranjeze citirea.

*Pentru a evita erorile de paralaxă, citirea nivelelor de lichid trebuie efectuată cu ochiul în linie dreaptă, cu partea superioară a **meniscului***.*

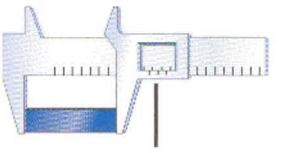


Eroarea zero

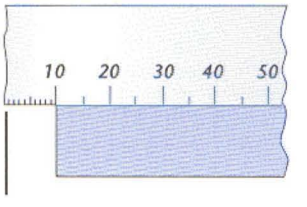
Eroarea survenită când instrumentul de măsură nu indică zero atunci când ar trebui. Dacă se întâmplă acest lucru, ori ar trebui să fie corectat ca să arate zero, ori ar trebui efectuată „citirea zero" eronată şi adăugată sau scăzută la sau din orice altă citire efectuată.



*Citirea **şublerului vernier**,* când este închis (ar trebui să se citească zero) este de 0,2 mm. Aceasta este **eroarea zero**.*



Din orice citire efectuată trebuie să se scadă 0,2 mm (în acest caz, citirea aparentă este 53,9, dar lungimea reală este 53,9 – 0,2, adică 53,7 mm).

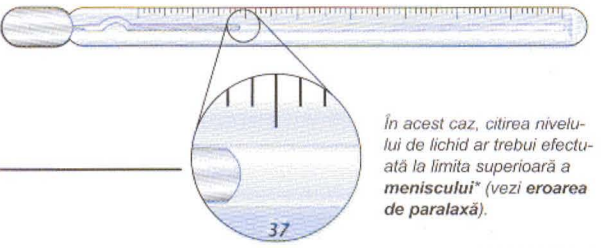


Eroarea zero a unei rigle se poate datora capetelor uzate. Citirea ar trebui efectuată de la o gradație de 10 mm şi scăzând 10 mm din toate citirile.

***Menisc**, 115; **Şublerul vernier**, 100.

Eroarea de citire

Eroarea datorată presupunerii implicate în citirea unei scale, când valoarea de citit se găsește între diviziunile scalei.



Valoarea de pe termometru este între 36,8°C și 36,9°C. Cel mai bine se estimează cu o jumătate de diviziune, obținându-se citirea de 36,85°C.

În acest caz, citirea nivelului de lichid ar trebui efectuată la limita superioară a ***meniscului***** (vezi* ***eroarea de paralaxă****).*

Cifrele caracteristice

Cifrele caracteristice unei valori sunt cifrele din acea valoare care ignoră adăugarea sau scoaterea zerourilor (dar vezi jos) și nu ține cont de poziția virgulei care marchează zecimala. Ele indică precizia unei citiri.

Citirea a 3.704 mm are patru ***cifre caracteristice****. Se poate scrie ca:*

3,704 mm
3,704 m
0,003 704 km

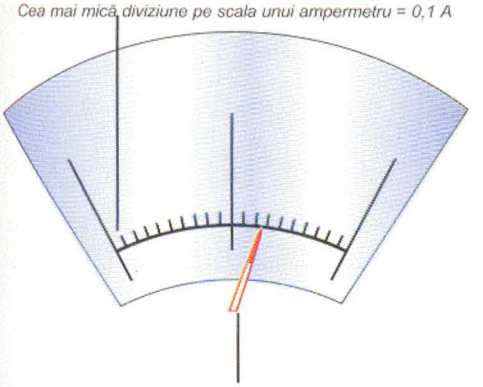
Prima cifră caracteristică

A patra cifră caracteristică

Rețineți că zerourile de aici nu sunt cifre caracteristice, *ci arată valoarea citirii.*

Numărul cifrelor caracteristice citate indică precizia unei citiri sau a unui rezultat.

Cea mai mică diviziune pe scala unui ampermetru = 0,1 A



Cea mai bună aproximare este o jumătate de diviziune, deci citirea dată este 1,25 A. Trei cifre caracteristice indică faptul că citirea este exactă la circa 0,05 A.

Citirea cu mai multe cifre, de exemplu, 1,2518 A, implică o exactitate mai mare decât cea posibilă pe această scală.

Rotunjirea

Procesul de reducere a numărului de cifre citate. Ultima cifră caracteristică este eliminată, iar ultima cifră rămasă se modifică în funcție de cea eliminată.

7,3925	*(5 cifre semnificative citate)*
= 7,393	*(rotunjire la 4 cifre caracteristice)*
= 7,39	*(rotunjire la 3 cifre caracteristice)*
= 7,4	*(rotunjire la 2 cifre caracteristice)*
= 7	*(rotunjire la 1 cifră caracteristică)*

0,08873	*(4 cifre caracteristice citate)*
= 0,0887	*(rotunjire la 3 cifre caracteristice)*
= 0,089	*(rotunjire la 2 cifre caracteristice)*
= 0,09	*(rotunjire la 1 cifră caracteristică)*

Rețineți că:

29,000	*este citat la 5 cifre caracteristice*
= 29,0	*(la 3 cifre caracteristice)*
= 29	*(la 2 cifre caracteristice)*
= 30	*(la 1 cifră caracteristică)*

În acest ultim caz, 0 nu este o cifră caracteristice, dar trebuie inclus (vezi jos).

Pentru numerele mari ca 283.000 este imposibil de precizat câte din cifre sunt caracteristice (primele trei trebuie să fie), pentru că zerourile trebuie să fie incluse pentru a arăta valoarea. Se înlătură folosind **indicele de notație** (vezi pagina 109).

***Menisc**, 115.

CÂMPURI ŞI FORŢE

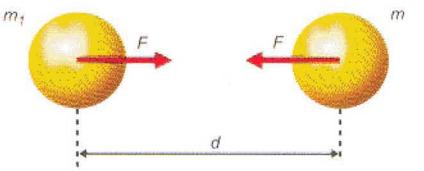
În următoarele tabele vom compara trei forţe mai frecvent folosite în fizică (**forţa nucleară** se exclude). De fapt, majoritatea forţelor de care se ocupă fizica, de exemplu **forţa de contact** dintre două corpuri, sunt exemple de forţă **electromagnetică**, care reprezintă o combinare a **forţei magnetice** cu **forţa electrică**. Pentru mai multe informaţii despre acestea şi despre toate celelalte forţe, vezi paginile 6-7.

Forţa gravitaţională
(vezi şi paginile 6 şi 18)

Tip de forţă

Observaţi că o forţă poate exista numai între două mase, sarcini electrice sau curenţi electrici şi că mărimea forţei este identică asupra ambelor (vezi şi **principiul al III-lea al lui Newton**, pagina 13). Mai observaţi că forţele acţionează între corpuri de acelaşi fel, de exemplu, între două corpuri există o forţă, dar între un corp şi un curent nu există.

Forţa care acţionează între două corpuri cu greutate. Este întotdeauna o forţă de atracţie.



$$F = G\frac{m_1 m}{d^2}$$

$G = 6{,}7 \times 10^{-11}\ \mathrm{Nm^2\,kg^{-2}}$

G este **constanta gravitaţională***. Valoarea sa atât de mică indică faptul că forţa gravitaţionale este remarcabilă când unul din corpuri este foarte mare (de exemplu, o planetă).

Descrierea forţei în câmpul de forţă

Câmpul de forţă este zona din jurul unui corp (masă, sarcină electrică sau curent) în care se manifestă efectele sale (gravitaţionale, electrice sau magnetice) – vezi şi pagina 6.

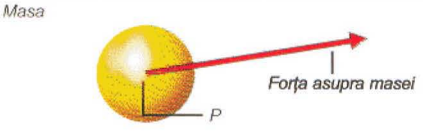
Masa m_1 produce în spaţiul înconjurător **un câmp gravitaţional** (vezi **intensitatea câmpului**, pagina 106).

Asupra unei alte mase introduse în orice punct al câmpului gravitaţional (de exemplu P) al lui m_1 acţionează o forţă gravitaţională.

Deci o masă produce un câmp gravitaţional prin care acţionează cu o forţă gravitaţională.

Sensul câmpului

Se obţine prin desemnarea efectului câmpului de forţă asupra unui corp (masă, sarcină electrică sau curent electric) aflat în câmp.

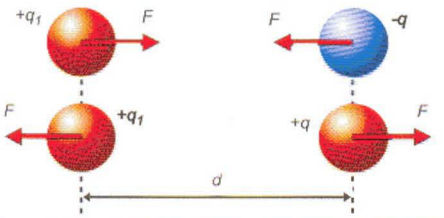


Sensul câmpului gravitaţional într-un punct P este sensul forţei asupra masei plasate în punctul P.

*Constanta gravitaţională, 18 (Legea gravitaţională a lui Newton).

Forța electrică
(vezi și paginile 6 și 58)

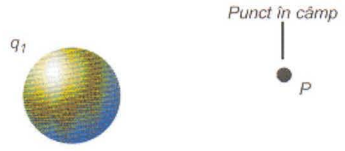
Forța dintre două sarcini electrice. Este de atracție dacă sarcinile sunt de semn opus, adică una este negativă și cealaltă pozitivă, și este de respingere dacă au același semn.



$$F = K_E \frac{q_1 q}{d^2}$$

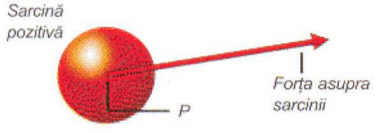
În aer $K_E = 9 \times 10^9 Nm^2 C^{-2}$

Această valoare ridicată indică faptul că două sarcini contrare sunt greu de separat.



Sarcina electrică q_1 produce în spațiul din jurul ei **un câmp electric*** (vezi **intensitatea câmpului**, pagina106).

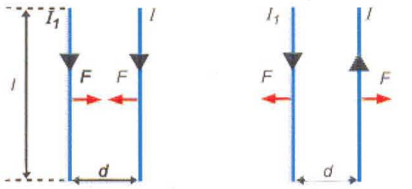
Când o altă sarcină electrică este plasată în orice punct (de exemplu P) al câmpului electric al lui q_1, asupra acesteia acționează o forță electrică. Deci sarcina electrică produce un câmp electric.



Sensul intensității unui câmp electric într-un punct P este sensul forței care acționează asupra unei sarcini pozitive în punctul P.

Forța magnetică
(vezi și paginile 6 și 70)

Forța ce acționează între 2 conductori prin care trece curent electric. Dacă sensul curenților electrici este identic, forța este de atracție, dacă este opus, forța este de respingere.



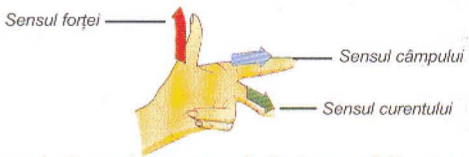
$$F = K_B \frac{I_1 I l}{d}$$

În aer $K_B = 2,7 \times 10^{-7} N A^{-2}$

Această valoare mică indică faptul că forța magnetică este mică în comparație cu forța electrică.

Curentul electric I_1 produce în jurul lui un **câmp magnetic*** (vezi **intensitatea câmpului**, pagina 106).

Dacă un alt curent este plasat în oricare punct P al câmpului magnetic al I_1, asupra acestuia acționează o forță magnetică. Deci, curentul electric produce un câmp magnetic.



Sensul câmpului magnetic în punctul P este dat de **regula mâinii stângi (a lui Fleming)***.

*Câmp electric, 58; Regula mâinii stângi (a lui Fleming), 76; Câmpul magnetic, 72.

Forţa gravitaţională

Pentru a măsura intensitatea câmpului g al câmpului gravitaţional dat de masa m_1 într-un punct P, se plasează în P un corp de probă m, asupra lui acţionând o forţă gravitaţională F.

$$g = \frac{\text{forţa gravitaţională (F)}}{\text{masa (m)}} \quad \text{sau} \quad F = mg$$

Făcând comparaţie cu ecuaţia de mai sus pentru forţa gravitaţională, intensitatea câmpului g la distanţa d de o masă m_1 va fi:

$$g = G\frac{m_1}{d^2}$$

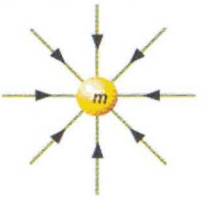
Intensitatea câmpului

Se obţine din măsurarea efectului câmpului de forţă asupra unui corp (masă, sarcină electrică sau curent electric) plasat în el.

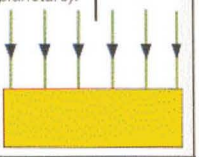
Reprezentarea prin liniile de câmp

Pentru reprezentarea forţei şi sensului câmpurilor şi pentru vizualizarea lor (vezi imaginea din josul paginii), se utilizează **liniile de câmp** (sau **linii de forţă** sau **de flux**). Liniile de câmp nu se intersectează numai dacă într-un anumit punct au sensuri diferite.

Liniile **câmpului gravitaţional** sunt determinate întotdeauna de o masă.



Câmp gravitaţional uniform (de exemplu, deasupra suprafeţei planetare).



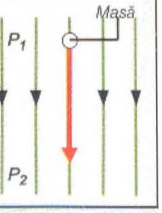
Energia potenţială (vezi şi pagina 8)

Depinde de **intensitatea câmpului** şi de corp (de masa lui într-un **câmp gravitaţional** sau de sarcina electrică într-un **câmp electric***). **Potenţialul*** într-un punct al câmpului este energia pe unitate (de masă sau de sarcină) şi depinde numai de câmp. De obicei, singura problemă o reprezintă **diferenţa de potenţial*** dintre două puncte. Potenţialul se poate defini alegând un punct de referinţă. Atunci, potenţialul într-un punct este diferenţa dintre punct şi punctul de referinţă.

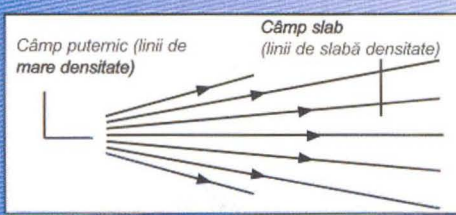
Diferenţa de potenţial gravitaţional dintre două puncte situate într-un câmp gravitaţional este lucrul mecanic efectuat împotriva forţelor câmpului în deplasarea unei unităţi de masă între puncte.

$$\text{Diferenţa de potenţial gravitaţional} = \frac{\text{lucrul mecanic}}{\text{masă}}$$

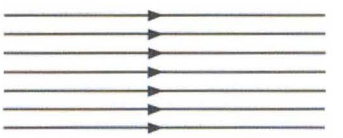
Potenţialul gravitaţional scade dacă punctul se mişcă de-a **lungul liniei de câmp, în sensul** câmpului (în sensul săgeţii).



Potenţialul gravitaţional este mai mare în P_1 decât în P_2.



Câmpul uniform are sens şi intensitate constantă.



*Câmp electric, Potenţial, Diferenţă de potenţial, 58.

Forța electrică

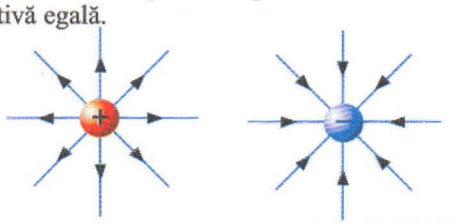
Pentru măsurarea intensității câmpului electric E într-un punct P, dat de o sarcină electrică q_1, se plasează în punctul P o sarcină de probă q, cu forța electrică F cunoscută. Atunci:

$$E = \frac{\text{forța electrică (F)}}{\text{sarcină (q)}} \quad \text{sau} \quad F = qE$$

Comparând ecuația de mai sus pentru forța electrică, intensitatea câmpului E la distanța d de sarcina q_1 este:

$$E = K_E \frac{q_1}{d^2}$$

Liniile de câmp electric pornesc întotdeauna de la sarcina pozitivă spre o sarcină negativă egală.

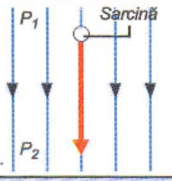


Diferența potențialului electric dintre două puncte situate într-un câmp electric este lucrul mecanic efectuat pentru învingerea forțelor câmpului prin deplasarea unei unități de sarcină electrică pozitivă între cele două puncte.

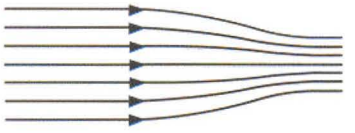
$$\text{Diferența potențialului electric} = \frac{\text{lucrul mecanic}}{\text{sarcină}}$$

Potențialul electric scade în sensul câmpului (pe direcția săgeții).

Potențialul electric este mai mare în punctul P_1 decât în P_2.



Câmp neuniform



Forța magnetică

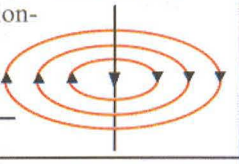
Pentru măsurarea intensității câmpului magnetic B într-un punct P, dat de intensitatea I_1, se plasează în punctul P un conductor de lungimea l, care transportă curent electric de intensitate I cu forță magnetică F cunoscută:

$$B = \frac{\text{forța magnetică (F)}}{\text{intensitatea (I)} \times \text{lungimea (l)}} \quad \text{sau} \quad F = BIl$$

Comparând ecuația de mai sus pentru forța magnetică, intensitatea câmpului B la distanța d de intensitate a curentului I_1 este:

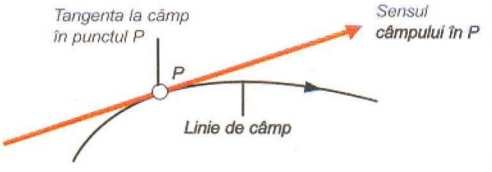
$$B = K_B \frac{I_1}{d}$$

Liniile de câmp magnetic* nu au început sau sfârșit, ci sunt întotdeauna contururi închise, pentru că polul nord nu poate exista fără polul sud. Aceasta este o diferență fundamentală față de câmpurile gravitațional și electric.



Liniile câmpului magnetic circular în jurul unui conductor care transportă curent.

Potențialul magnetic este mult mai greu de definit decât cel al câmpului gravitațional sau al celui electric, deoarece liniile sunt circulare. Rețineți că dacă un punct se mișcă de-a lungul unei linii circulare ca în figura de mai sus, acesta se întoarce în același punct, care trebuie să aibă același potențial. Înseamnă că potențialul magnetic este dificil de calculat.



*Linii de câmp magnetic, 72.

VECTORI ŞI SCALARI

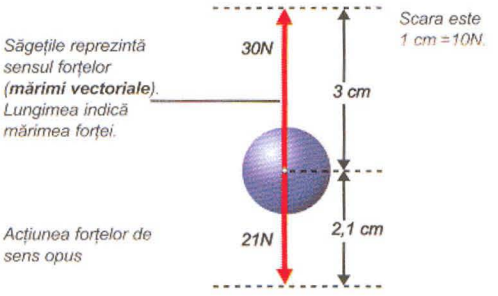
Toate mărimile utilizate în fizică sunt fie **mărimi scalare**, fie **mărimi vectoriale**.

Mărimea scalară

Orice mărime caracterizată complet de un număr, de ex., masa, timpul, energia, densitatea.

Mărimea vectorială

Mărimea vectorială caracterizată atât de modul, cât şi de sens şi direcţie, de exemplu, forţa, deplasarea, viteza şi acceleraţia. Atunci când se dă o valoare (modulul) mărimii vectoriale, trebuie să i se dea şi direcţia şi sensul. De obicei, vectorul este reprezentat grafic printr-un segment de dreaptă orientată. Lungimea segmentului indică modulul mărimii (pe o scară aleasă), iar săgeata indică sensul mărimii.

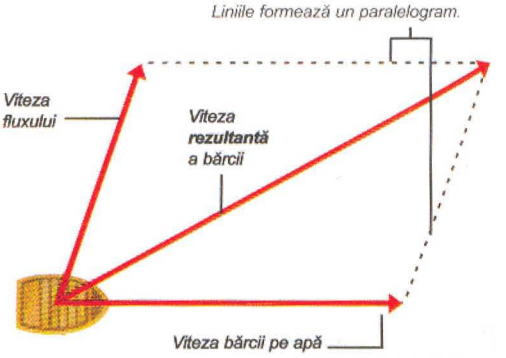


Regula paralelogramului

Regulă utilizată la însumarea a două **mărimi vectoriale**.

Cei doi vectori au originea într-un punct pentru a forma două laturi ale unui paralelogram, care apoi este completat. Diagonala din origine este suma celor doi vectori (rezultanta).

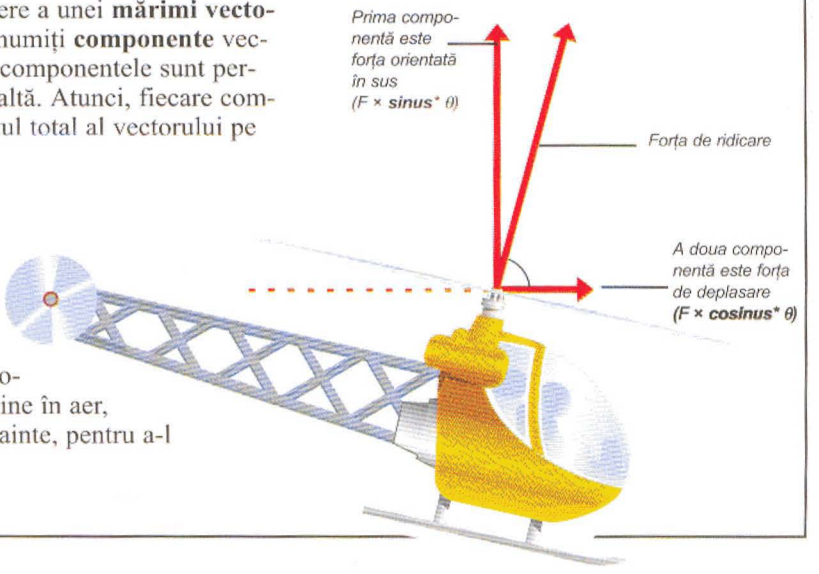
Regula paralelogramului este aplicată la navigarea pe mare. Trebuie luate în considerare direcţia şi viteza fluxului, reprezentând a doua mărime vectorială care se adaugă la direcţia şi viteza bărcii.



Descompunerea vectorilor

Procesul de descompunere a unei **mărimi vectoriale** în alţi doi vectori numiţi **componente** vectoriale. În mod normal, componentele sunt perpendiculare una pe cealaltă. Atunci, fiecare componentă reprezintă efectul total al vectorului pe acea direcţie.

Forţa de ridicare (**mărimea vectorială**) de la rotorul elicopterului se poate descompune în două componente. Prima acţionează în sus pentru a-l ţine în aer, iar a doua acţionează înainte, pentru a-l deplasa.


Prima componentă este forţa orientată în sus (F × sinus* θ)
Forţa de ridicare
A doua componentă este forţa de deplasare (F × cosinus* θ)

*Cosinus, Sinus, 115.

CIFRELE

Numerele foarte mari sau foarte mici (de exemplu 10.000 000 sau 0,000 001) necesită mult timp pentru scrierea lor și sunt greu de citit. De aceea se folosește **notarea cu indici**. Această notație prezintă o scriere prescurtată a cifrelor lungi, prin scrierea cu puterii lui zece.

1.000.000	$= 10^6$	sau „zece la a șasea"
100.000	$= 10^5$	sau „zece la a cincia"
10.000	$= 10^4$	sau „zece la a patra"
1.000	$= 10^3$	sau „zece la a treia"
100	$= 10^2$	sau „zece la a doua"
10	$= 10^1$	sau „zece la puterea unu"
1	$= 10^0$	sau „zece la puterea zero"
0,1	$= 10^{-1}$	sau „zece la minus unu"
0,01	$= 10^{-2}$	sau „zece la minus doi"
0,001	$= 10^{-3}$	sau „zece la minus trei"
0,0001	$= 10^{-4}$	sau „zece la minus patru"
0,000 01	$= 10^{-5}$	sau „zece la minus cinci"
0,000 001	$= 10^{-6}$	sau „zece la minus șase"

Rețineți că o putere negativă înseamnă „1/", deci $10^{-3} = {}^1/_{10^3} = {}^1/_{1.000}$. Aceasta se aplică și unităților de măsură, de exemplu, kg m^{-3} sau kg/m^3.

Indicii se adună algebric la operațiile de înmulțire, de exemplu, $10^5 \times 10^{-3}$ (=100.000 × ${}^1/_{1.000}$) = $10^{5-3} = 10^2 = 100$.

Forme standard

O formă de exprimare a cifrelor în care numărul are întotdeauna o cifră înaintea virgulei zecimale și este urmat de o putere a lui zece – cu **notarea cu indici** (vezi și **cifre caracteristice**, pagina 103).

Exemple de numere scrise sub formă standard[†]

56.342	$5{,}6342 \times 10^4$
4.000	4×10^3 *(presupunând că zerourile nu sunt caracteristice).*
569	$5{,}69 \times 10^2$
23.3	$2{,}33 \times 10^1$
0.98	$9{,}8 \times 10^{-1}$
0.00211	$2{,}11 \times 10^{-3}$

Ordonarea valorilor în tabele

Valoarea este exprimată cu o cifră exactă și cu puterea lui zece. Este important să le facem comparație cu celelalte mărimi fizice, astfel ca valoarea respectivă să poată fi evaluată. De exemplu, greutatea unei persoane este de aproximativ 60 kg. De aceea, un rezultat de 50 kg sau de 70 kg este destul de rezonabil, dar rezultatul de 6 kg sau 600 kg este evident greșit.

Ordinea tipică a mărimii

Item	Masa/kg
Pământul	6×10^{24}
Mașina	5×10^3
Omul	5×10^1
Punga de zahăr	1
Portocala	2×10^{-1}
Mingea de golf	5×10^{-2}
Mingea de ping-pong	2×10^{-3}
Protonul	2×10^{-27}
Electronul	10^{-30}

Item	Lungimea/m
Raza Căii Lactee	10^{19}
Raza Sistemului Solar	10^{11}
Raza Pământului	5×10^6
Înălțimea Muntelui Everest	10^4
Înălțimea omului	2
Grosimea hârtiei	10^{-4}
Lungimea de undă a luminii	5×10^{-7}
Raza atomului	10^{-10}
Raza nucleului	10^{-14}

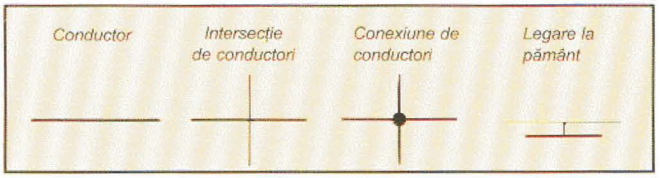
Item	Timp/s
Vârsta Pământului	2×10^{17}
Timpul consumat de la ridicarea omului	10^{13}
Durata de viață a omului	2×10^9
Durata unui an	3×10^7
Durata unei zile	9×10^4
Timpul dintre bătăile inimii	1
Viteza obturatorului fotografic	10^{-2}
Timpul de înjumătățire a Poloniului-214	$1{,}5 \times 10^{-4}$
Viteza luminii pentru distanța de 1 m	3×10^{-9}

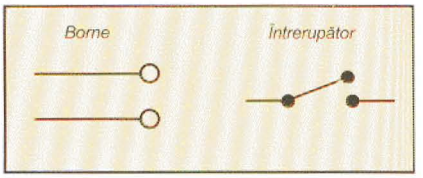
Item	Energia/J
Energia eliberată de Soare într-o secundă	10^{26}
Energia eliberată de cutremurul din San Francisco (1906)	3×10^{17}
Energia eliberată de fisiunea a 1g de uraniu	10^{11}
Energia descărcării fulgerului	10^9
Energia a 1kW per oră	4×10^6
Energia cinetică a unei mingi de golf	20

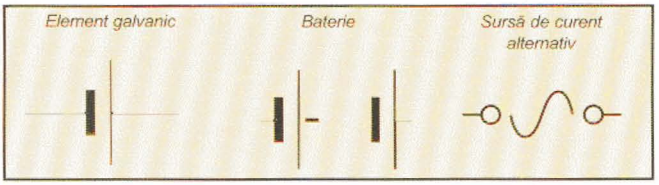
[†]*Pentru lucrările științifice, convenția impune scrierea cifrelor până la 9999 fără punct sau spațiu. Pentru cifrele peste această valoare, se folosesc spații pentru citirea mai ușoară. În alte cazuri, convenția este să se adauge puncte de despărțire numerelor cu patru sau mai multe cifre.*

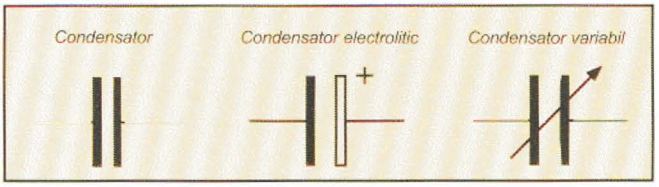
SIMBOLURILE CIRCUITELOR ELECTRICE

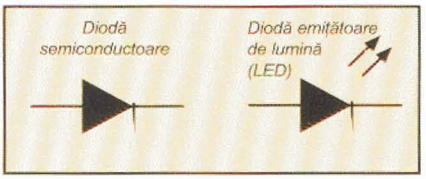
Acest tabel prezintă simbolurile principale folosite pentru reprezentarea diferitelor componente utilizate în circuite (vezi şi paginile 60-65).

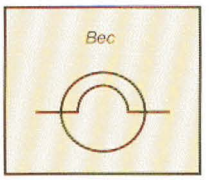


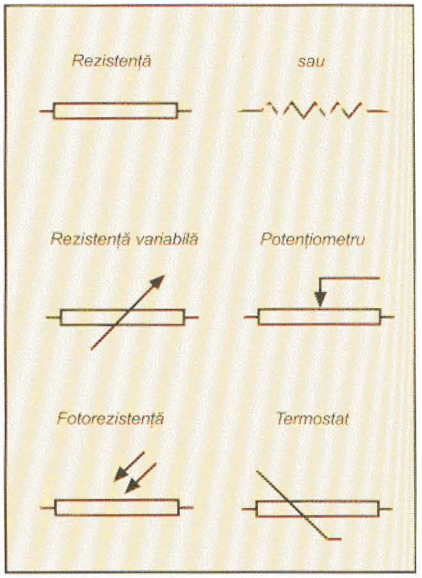


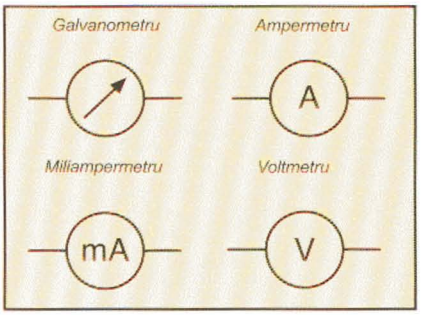


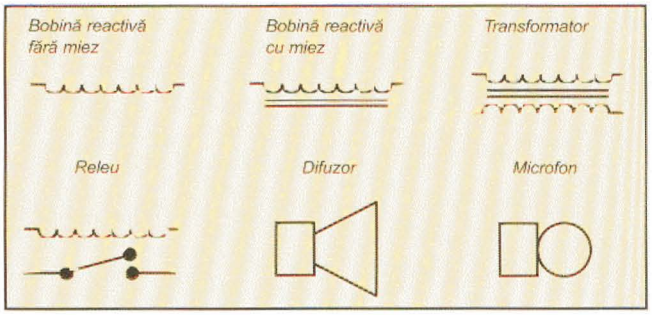


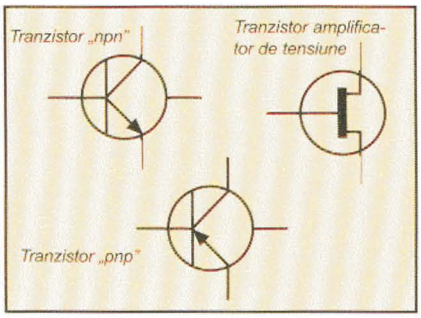


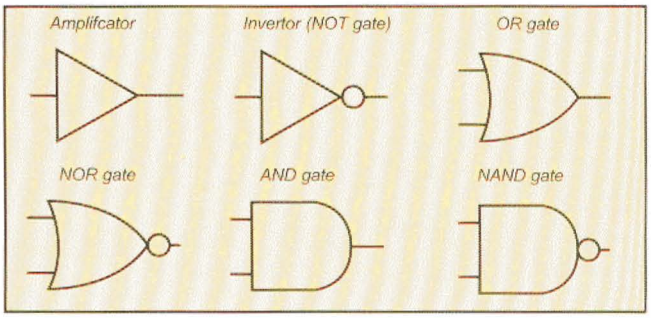








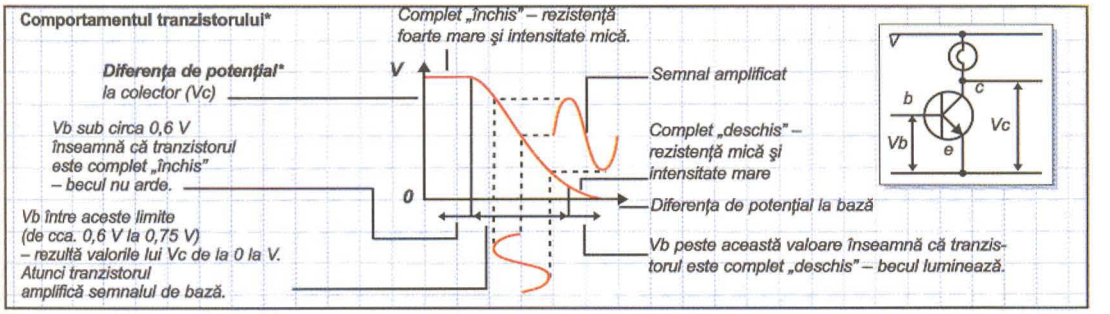




*Obs. gate = „poartă"

TRANZISTOARE ŞI PORȚI (GATES)

Tranzistorii pot fi utilizați la amplificarea semnalelor electrice, ca şi cele ale unui microfon, şi sunt folosiți, de asemenea, ca întrerupătoare electronice. Acest fapt a dus la introducerea lor în circuite complexe precum cele ale computerelor – au înlocuit redresoarele şi **releele***, mult mai mari şi mai lente.


Comportamentul tranzistorului*
Complet „închis" – rezistență foarte mare şi intensitate mică.
Diferența de potențial* la colector (Vc)
V
Semnal amplificat
Vb sub circa 0,6 V înseamnă că tranzistorul este complet „închis" – becul nu arde.
Complet „deschis" – rezistență mică şi intensitate mare
0
Diferența de potențial la bază
Vb între aceste limite (de cca. 0,6 V la 0,75 V) – rezultă valorile lui Vc de la 0 la V. Atunci tranzistorul amplifică semnalul de bază.
Vb peste această valoare înseamnă că tranzistorul este complet „deschis" – becul luminează.
V
b
c
Vc
Vb
e

Porți logice

Stările de funcționare sau blocare ale tranzistorilor se folosesc la indicarea cifrelor 1 şi respectiv 0. De aceea, circuitele sunt denumite **numerice** (alte circuite sunt numite **analoage**). Combinarea tranzistoarelor cu alte componente se utilizează la construirea circuitelor care efectuează operații logice.

Tabele pentru operațiile logice de bază

In	NOT
0	1
1	0

Input Output NOT

A	B	OR	NOR
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0

Input-uri Output-uri
A, B → OR
A, B → NOR

A	B	OR	NAND
0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

Input Output
A, B → AND
A, B → MAND

Combinarea acestor porți şi a altor circuite cu tranzistoare se utilizează la construirea circuitelor complexe care pot efectua operații matematice complexe, de exemplu, adunarea. Acestea se numesc **circuite integrate** şi pot să fie alcătuite din mii de astfel de componente şi conexiuni, integrate într-o singură piesă de silicon.

Computerele

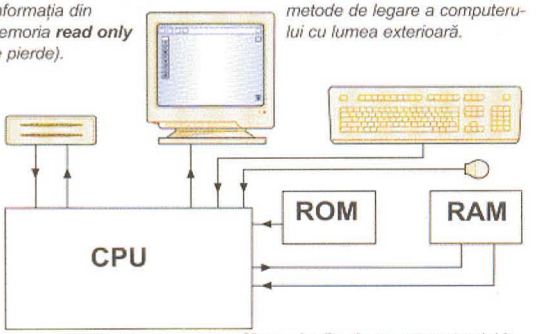
Circuitele integrate sunt cele care conțin mii de circuite logice introduse pe o suprafață foarte mică, numită microcip. CPU al unui computer (vezi mai jos) poate fi plasată pe un cip.

Computerul personal cu CPU, monitor, tastatură şi mouse.

Sistemul tipic al computerului

*Drive-ul de disc şi de CD sunt exemple de dispozitive **input** şi **output**. Discul poate să acumuleze mult mai multe date decât **memoria** şi când computerul este închis, le păstrează (informația din memoria **read only** se pierde).*

*Dispozitivele ca tastatura, mouse-ul şi ecranul sunt, de asemenea, dispozitive **input** şi **output**, de la care se introduc informațiile în computer şi la care ele sunt trimise. Există metode de legare a computerului cu lumea exterioară.*



***Procesor (CPU)**. Este centrul computerului. Preia datele din **memorie** şi de la dispozitivele **input**, efectuează operații (poate să facă asta de milioane de ori pe secundă) şi trimite rezultatele la memorie sau la dispozitivele **output**.*

***Memoria**. Secțiunea computerului în care se păstrează instrucțiunile (sau programul) pentru **unitatea centrală de procesare**. Există două tipuri: **random acces memory (RAM)** = memoria de acces întâmplător – unde informațiile pot fi stocate (scrise) şi pot fi recuperate (citite) şi **memoria read only (ROM)** – din care informațiile pot fi numai citite.*

*Diferență de potențial, 58; **Releu**, 75; **Tranzistor**, 65.

PROPRIETĂȚILE SUBSTANȚELOR

Substanța	Densitatea*/ 10^3 kg m^{-3}	Modulul lui Young/ 10^{10}N m^{-2}	Capacitatea calorică specifică/ J kg^{-1} K^{-1}	Căldura latentă specifică de fuziune/ 10^4 J kg^{-1}	Coeficient de dilatare liniară/$10^{-6}K^{-1}$	Conductibilitatea termică/ $Wm^{-1}K^{-1}$	Rezistivitatea*/ 10^{-8} Ω m
Aluminiu	2,70	7,0	908	40,0	35	242	2,67
Antimoniu	6,62	7,8	210	16,5	11	19	44
Arsen	5,73	–	335	–	6,0	–	33,3
Bismut	9,78	3,2	112	5,5	14	9	117
Bronz	8,6 (aprox.)	9,0	389	–	19	109	8 (aprox.)
Cadmiu	8,65	5,0	230	5,5	30	96	–
Cobalt	8,70	–	435	24,0	12	93	6,4
Constantan	8,90	–	420	–	16	23	49
Cupru	8,89	11,0	385	20,0	16	383	1,72
Galiu	5,93	–	377	–	19	34	17,4
Germaniu	5,40	–	324	–	5,7	59	4,6 × 107
Aur	19,3	8,0	128	6,7	14	300	2,20
Iridiu	22,4	–	135	–	6,5	59	5,2
Fier (topit)	7,60	11,0	460	21,0	12	71	10,3
Fier (forjat)	7,85	21,0	460	21,0	12	71	10,3
Plumb	11,3	1,6	127	2,5	29	36	20,6
Magneziu	1,74	4,1	1030	30,0	26	154	4,24
Mercur	13,6	–	139	1,2	12	9	95,9
Molibden	10,1	–	301	–	5,0	142	5,7
Nichel	8,80	21,0	456	29,0	13	59	6,94
Paladiu	12,2	–	247	15,0	12	74	10,7
Platină	21,5	17,0	135	11,5	9,0	71	10,5
Seleniu	4,79	–	324	35,0	26	0,24	10^{12} (aprox.)
Silicon (amorf)	2,35	11,3	706	–	2,5	175	10^{10} (aprox.)
Argint	10,5	7,7	234	10,5	19	414	1,63
Oțel (moale)	7,80	22,0	450	–	12	46	15 (aprox.)
Tantal	16,6	19,0	151	–	6,5	56	13,4
Telur	6,2	–	201	–	17	50	1,6 × 105
Cositor	7,3	5,3	225	5,8	23	63	11,4
Tungsten	19,3	39,0	142	–	4,3	185	5,5
Apă	1,00	–	4200	33,4	33,4	0,2	–
Zinc	7,10	8,0	387	10,5	11	111	5,92

* *Densitatea, capacitatea calorică specifică şi rezistivitatea se modifică în funcție de temperatură. Valorile prezentate aici sunt pentru temperatura camerei, adică 18-22°C.*

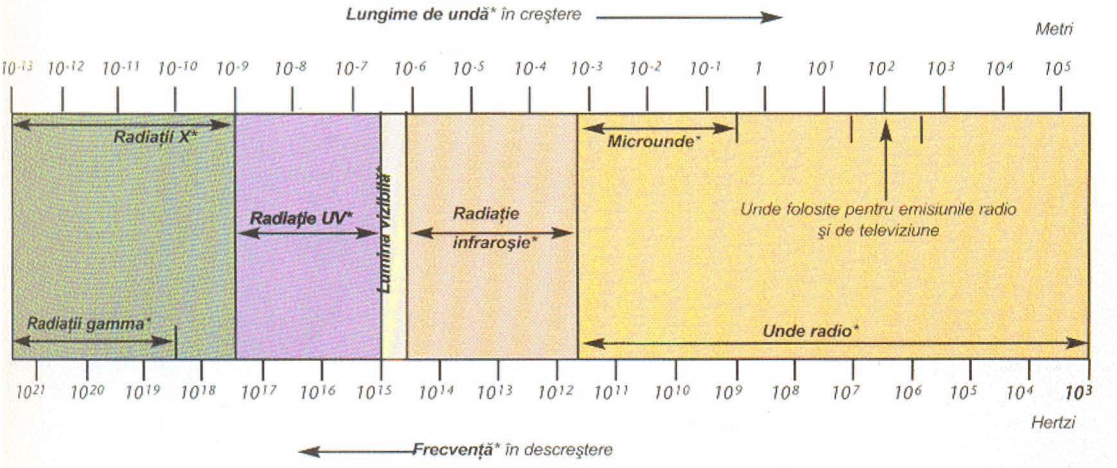
Constante și valori utile

Mărimea	Simbolul	Valoarea
Viteza luminii în vid	c	$2{,}998 \times 10^{8}$ m/s
Sarcina electronului	e	$1{,}602 \times 10^{-19}$C
Masa electronului	m_e	$9{,}109 \times 10^{-31}$ kg
Masa protonului	m_p	$1{,}673 \times 10^{-27}$ kg
Masa neutronului	m_n	$1{,}675 \times 10^{-27}$ kg
Numărul lui Avogadro	N_A	$6{,}023 \times 10^{23}$ mol^{-2}
Constanta lui Faraday	F	$9{,}65 \times 10^{4}$ mol^{-1}
Constanta gravitațională	G	$6{,}670 \times 10^{-11}$N m^2 kg^{-2}
Constanta gazului	R	8,314 J mol^{-1} K^{-1}

Valorile unor mărimi

Mărimea	Valoarea
Accelerația gravitațională g	9,81 m/s^2
Densitatea apei	$1{,}00 \times 10^{3}$ kg m^{-3}
Densitatea mercurului	$13{,}6 \times 10^{3}$ kg m^{-3}
Punctul de topire (temperatură standard)	273 K
Punctul de fierbere	373 K
Presiunea atmosferică standard	$1{,}01 \times 10^{5}$Pa
Durata zilei terestre	$8{,}64 \times 10^{4}$s

Spectrul electromagnetic*


Lungime de undă* în creștere
Metri
10-13 10-12 10-11 10-10 10-9 10-8 10-7 10-6 10-5 10-4 10-3 10-2 10-1 1 101 102 103 104 105
Radiații X*
Radiație UV*
Lumina vizibilă*
Radiație infraroșie*
Microunde*
Unde folosite pentru emisiunile radio și de televiziune
Radiații gamma*
Unde radio*
1021 1020 1019 1018 1017 1016 1015 1014 1013 1012 1011 1010 109 108 107 106 105 104 103
Hertzi
Frecvență* în descreștere

*Spectru electromagnetic, 44; **Frecvență**, 35; **Radiații gamma**, 44; **Radiații infraroșii**, 45; **Microunde, Unde radio**, 45; **Radiații ultraviolete**, 44; **Lumină vizibilă**, 45; **Lungime de undă**, 34; **Radiații X**, 44.

ELEMENTE CHIMICE

Element	Simbol	*Număr atomic**	*Masa atomică relativă* aproximativă*	Element	Simbol	*Număr atomic**	*Masa atomică relativă* aproximativă*
Actiniu	*Ac*	*89*	*227*	*Nichel*	*Ni*	*28*	*59*
Aluminiu	*Al*	*13*	*27*	*Niobiu*	*Nb*	*41*	*93*
Americiu	*Am*	*95*	*243*	*Azot*	*N*	*7*	*14*
Antimoniu	*Sb*	*51*	*122*	*Osmiu*	*Os*	*76*	*190*
Argon	*Ar*	*18*	*40*	*Oxigen*	*O*	*8*	*16*
Arsen	*As*	*33*	*75*	*Paladiu*	*Pd*	*46*	*106*
Astatin	*At*	*85*	*210*	*Fosfor*	*P*	*15*	*31*
Bariu	*Ba*	*56*	*137*	*Platină*	*Pt*	*78*	*195*
Beriliu	*Be*	*4*	*9*	*Plutoniu*	*Pu*	*94*	*242*
Bismut	*Bi*	*83*	*209*	*Poloniu*	*Po*	*84*	*210*
Bor	*B*	*5*	*11*	*Potasiu*	*K*	*19*	*39*
Brom	*Br*	*35*	*80*	*Prazeodimium*	*Pr*	*59*	*141*
Cadmiu	*Cd*	*48*	*112*	*Promețiu*	*Pm*	*61*	*147*
Cesiu	*Cs*	*55*	*133*	*Protactiniu*	*Pa*	*91*	*231*
Calciu	*Ca*	*20*	*40*	*Radiu*	*Ra*	*88*	*226*
Carbon	*C*	*6*	*12*	*Radon*	*Rn*	*86*	*222*
Ceriu	*Ce*	*58*	*140*	*Reniu*	*Re*	*75*	*186*
Clor	*Cl*	*17*	*35,5*	*Rodiu*	*Rh*	*45*	*103*
Crom	*Cr*	*24*	*52*	*Rubidiu*	*Rb*	*37*	*85*
Cobalt	*Co*	*27*	*59*	*Ruteniu*	*Ru*	*44*	*101*
Cupru	*Cu*	*29*	*64*	*Samariu*	*Sm*	*62*	*150*
Disprosiu	*Dy*	*66*	*162*	*Scandiu*	*Sc*	*21*	*45*
Erbiu	*Er*	*68*	*167*	*Seleniu*	*Se*	*34*	*79*
Europiu	*Eu*	*63*	*152*	*Silicon*	*Si*	*14*	*28*
Fluor	*F*	*9*	*19*	*Argint*	*Ag*	*47*	*108*
Franciu	*Fr*	*87*	*223*	*Sodiu*	*Na*	*11*	*23*
Gadoliniu	*Gd*	*64*	*157*	*Stronțiu*	*Sr*	*38*	*88*
Galiu	*Ga*	*31*	*70*	*Sulf*	*S*	*16*	*32*
Germaniu	*Ge*	*32*	*73*	*Tantal*	*Ta*	*73*	*181*
Aur	*Au*	*79*	*197*	*Technețiu*	*Tc*	*43*	*99*
Hafniu	*Hf*	*72*	*178,5*	*Telur*	*Te*	*52*	*128*
Heliu	*He*	*2*	*4*	*Terbiu*	*Tb*	*65*	*159*
Holmiu	*Ho*	*67*	*165*	*Taliu*	*Tl*	*81*	*204*
Hidrogen	*H*	*1*	*1*	*Tor*	*Th*	*90*	*232*
Indiu	*In*	*49*	*115*	*Tuliu*	*Tm*	*69*	*169*
Iod	*I*	*53*	*127*	*Staniu*	*Sn*	*50*	*119*
Iridiu	*Ir*	*77*	*192*	*Titan*	*Ti*	*22*	*48*
Fier	*Fe*	*26*	*56*	*Tungsten*	*W*	*74*	*184*
Kripton	*Kr*	*36*	*84*	*Uraniu*	*U*	*92*	*238*
Lantan	*La*	*57*	*139*	*Vanadiu*	*V*	*23*	*51*
Plumb	*Pb*	*82*	*207*	*Xenon*	*Xe*	*54*	*131*
Litiu	*Li*	*3*	*7*	*Yterbiu*	*Yb*	*70*	*173*
Lutețiu	*Lu*	*71*	*175*	*Ytriu*	*Y*	*39*	*89*
Magneziu	*Mg*	*12*	*24*	*Zinc*	*Zn*	*30*	*65*
Mangan	*Mn*	*25*	*55*	*Zirconiu*	*Zr*	*40*	*91*
Mercur	*Hg*	*80*	*201*				
Molibden	*Mo*	*42*	*96*				
Neodimium	*Nd*	*60*	*144*				
Neon	*Ne*	*10*	*20*				
Neptuniu	*Np*	*93*	*237*				

*Număr atomic, 82; Masă atomică relativă, 83.

GLOSAR

Agent de răcire
Lichid folosit în industrie sau acasă pentru răcire (de exemplu la frigidere). De obicei, lichidul extrage căldura de la o sursă şi o transferă alteia. Într-o ***centrală electrică nucleară****, agentul termic transferă căldura eliberată de reacția nucleară unui generator de aburi, unde căldura este utilizată la producerea aburului. Acesta învârte* ***turbinele*** *şi generează electricitate.*

Aliaj
Amestec de două sau mai multe metale sau un metal şi un nemetal. Are proprietăți (care sunt metalice), independente de cele ale constituenților. De exemplu, alama este un aliaj de cupru şi zinc, iar oțelul este aliaj de fier şi carbon (diferitele amestecuri dau oțelului diverse proprietăți).

Amalgam
Aliaj *de mercur cu alte metale. De obicei este moale şi poate fi chiar lichid.*

Calibrare
„Reglarea" unui instrument de măsură astfel ca el să dea citirea corectă a unei mărimi. De obicei, instrumentele sunt reglate din fabricație, astfel încât să citească valoarea corectă când măsoară o mărime standard cunoscută, de exemplu, balanța ar trebui reglată ca ea să citească exact 1 kg când se măsoară o masă standard de 1 kg.

Calorimetrie
Măsurarea schimbării de temperatură în timpul unei reacții chimice sau a unei reacții care implică transfer de căldură. De pildă, la măsurarea creşterii de temperatură a unei mase cunoscute de substanță, când aceasta este încălzită termic, se calculează ***capacitatea calorică specifică****, iar creşterea de temperatură a unei mase de apă poate fi folosită la calcularea energiei produse de un combustibil la arderea lui.*

Coeficient
Constanta unei substanțe, utilizată la calcularea mărimilor în raport cu substanța, prin înmulțirea ei cu celelalte mărimi. De exemplu, forța de apăsare normală înmulțită cu ***coeficientul de frecare**** *al suprafețelor, rezultă* ***forța de frecare****.*

Constantă
O valoare invariabilă. De exemplu, în ecuația $E = mc^2$ (vezi şi pagina 84), mărimea c (viteza luminii în vid) este constantă. E şi m sunt ***variabile****, deoarece ele se pot schimba.*

Cosinus *(al unui unghi)*
Raportul lungimii catetei opuse a unghiului la lungimea ipotenuzei (cea mai lungă latură) a unui triunghi dreptunghic. Depinde de unghi.

Elastic
Descrie proprietatea unei substanțe care poate fi deformată. Diversele substanțe prezintă grade variate de ***elasticitate****. Vezi şi* ***punctul de rupere****, pagina 23.*

Fotocelulă *sau* ***celulă fotoelectrică***
Dispozitiv utilizat la detectarea şi măsurarea luminii.

Gradații
Marcaje folosite la măsurări, de exemplu, cele ale unui ***şubler micrometric**** *sau ale unei scale* ***vernier****.*

Invers proporțional
Când se referă la două mărimi, înseamnă relația dintre ele: dacă una se dublează, cealaltă se înjumătățeşte (vezi şi ***proporțional****).*

Inversul
Valoarea obținută prin împărțirea cifrei 1 cu această valoare, adică, inversul lui x este 1/x. De exemplu, reciproca lui 10 este 0,1.

Maleabil
Descrie substanța care poate fi formată uşor. Se foloseşte, de obicei, la substanțe care pot fi subțiate, mai ales la metale şi ***aliaje*** *de metale. Diversele substanțe prezintă diferite grade de* ***maleabilitate****.*

Medie
Suma valorilor adunate, împărțită la numărul valorilor din adunare.

Mediu
Orice substanță în care se află corpul de studiat, de exemplu sticla, reprezintă un mediu când este traversată de lumină.

Menisc
Suprafața concavă sau convexă a unui lichid, de exemplu apă sau mercur. Este cauzată de atracția relativă dintre moleculele substanței şi cele ale conținătorului (vezi şi ***adeziunea*** *şi* ***coeziunea****, pagina 23 şi* ***eroarea de paralaxă****, pagina 102).*

Proporțional *sau* ***direct proporțional***
Când se aplică la două mărimi, înseamnă că relația dintre ele este: dacă una se dublează, se dublează şi cealaltă.

Raport
Cantitatea cu care o mărime se schimbă în funcție de o altă mărime, de exemplu, ***accelerația**** *este raportul de schimbare a* ***vitezei****, în funcție de timp. Rețineți că nu în toate cazurile a doua mărime este timpul. Dacă se trasează graficul x, y, raportul de schimbare a lui y în funcție de x într-un punct este gradientul din acel punct.*

Sinus *(al unui unghi)*
Raportul dintre lungimea catetei opuse unghiului şi lungimea ipotenuzei (latura cea mai lungă) a unui triunghi dreptunghic. Depinde de unghi.

Sistem
Totalitatea părților componente care au un efect una asupra celeilalte şi împreună formează o unitate întreagă.

Spectru
Distribuție specială a frecvențelor şi lungimilor de unde, de exemplu, lungimile de unde din ***spectrul luminii vizibile**** *variază de la 4×10^{-7} m la $7{,}5 \times 10^{-7}$ m.*

Tangentă *(a unui unghi)*
Raportul dintre lungimea catetei opuse a unui unghi şi lungimea catetei alăturate la acesta, dintr-un triunghi dreptunghic. Depinde de unghi.

Turbină
Dispozitiv cu palete rotative, rotite de o forță, de exemplu, de jeturile de aburi. Într-un ***generator****, energia paletelor învârtite poate fi transformată în energie electrică.*

Variabilă
Mărime numerică ce poate lua orice valoare. De exemplu, în ecuația $E = mc^2$ (vezi şi pagina 84), E şi m sunt variabile pentru că pot avea orice valoare (deşi valoarea lui E depinde de valoarea lui m). Mărimea c (viteza luminii într-un ***vid****) este* ***constantă****.*

Vid
Spațiu complet lipsit de materie. Într-un vas, se poate crea ***vid parțial*** *prin scoaterea aerului sau a gazului din interior. Acest fapt face ca presiunea din vas să fie mai scăzută decât presiunea atmosferică din afara lui.*

Volum
Mărimea spațiului ocupat de un lichid. Pentru calcule de volum, vezi pagina 110. ***Unitatea SI**** *pentru volum este metrul cub (m^3).*

***Accelerație**, 11; **Coeficient de frecare, Forță de frecare**, 7; **Generator**, 78; **Şubler micrometric**, 101; **Centrală electrică nucleară**, 94; **Viteză**, 10; **Scală vernier**, 100; **Spectru luminii vizibile**, 54; **Unități SI**, 96; **Capacitate calorică specifică**, 31.*

INDEX

Numerele paginilor menționate în index sunt de trei tipuri. Cele îngroşate (de exemplu **92**) indică în fiecare caz unde pot fi găsite definițiile principale ale noțiunii (sau noțiunilor). Cele cu caractere obişnuite (de exemplu 92) se referă la termeni suplimentari. Numerele de pagină imprimate cu caractere înclinate (de exemplu *92*) indică pagina unde pot fi găsite imagini cu text. Dacă numărul paginii este urmat de un cuvânt între paranteze, înseamnă că acest cuvânt indexat apare definit în textul indicat. Dacă este urmat de (I), cuvântul indexat apare în textul introductiv al paginii date. Când sunt importante, după cuvintele indexate sunt date între paranteze formele de singular, plural simbolurile şi formulele. Sinonimele sunt indicate prin cuvântul „vezi" sau printr-o bară (/), dacă sinonimele se suprapun alfabetic.

dezintegrare α, *vezi* **dezintegrare alfa**
particulă α, *vezi* **particule alfa**
radiații α, *vezi* **radiații alfa**
dezintegrare β, *vezi* **dezintegrare beta**
particulă β, *vezi* **particule beta**
radiații β, *vezi* **radiații beta**
radiografie γ, *vezi* **radiografie gamma**
radiații γ, *vezi* **radiații gamma**

A
a treia lege a gazelor, *vezi* **legea presiunii**
aberație sferică 49
aberație
cromatică 55
de sfericitate 49
acceleratoare, de particule 86 (radioizotop)
accelerația gravitațională (g) 18, 113
accelerația negativă 11 (accelerația)
accelerație 11, 97
unghiulară *17*
centripetă 17
liniară 14 (I)
uniformă 11 (accelerația)
actiniu 114
acțiune
capilară *23*
(forță) **13 (principiul al treilea al lui Newton)**
degajare de hidrogen 68
ionizare produsă de vârf 57
acumulator plumb-acid 69
acumulator, *vezi* **element galvanic secundar plumb-acid 69**
acustică 40 (I)
adâncime aparentă 51
adeziune 23
agent de depolarizare 68 (polarizarea)
agent de răcire *94*, *95*, **115**
AGR, *vezi* **reactor nuclear cu gaz răcit, avansat**
alfa, dezintegrare (dezintegrarea α) 87
alfa, particule (particule α) 86, 87 **(dezintegrare alfa)** 90 **(camera cu ceață)**
alfa, radiații (radiații α) 86 (I)
aliaj 115
aluminiu (Al) 67 **(electrometalurgia) 112, 114**
amalgam 115
americiu (Am) 114
amestec aditiv 55 (amestecul culorilor)
amestec 4 (compusul)
amesteca substractiv 55 (amestecul culorilor)
amestec, de culoare 55
aditiv 55 (amestecul culorilor)
substractiv 55 (amestecarea culorilor)
amorf, silicon 112
amper (A) 60, 96
amper oră 69 (cantitatea de electricitate transportată)
ampermetru cu echipaj mobil 77
ampermetru 77, 110
amplificator (simbol pentru) **110**
amplitudine 16, *34*
analog 111 (porți logice – gates)
AND (poartă logică) 110, **111**
anioni 66 **(teoria ionică a electrolizei), 88 (ionizarea)**
anod 66 (electrodul)
ansamblu de lentile (aparatul de fotografiat) *54*
antimoniu (Sb) 112, 114
antineutrino 87 (dezintegrarea beta)

aparat de fotografiat 54
aparate electrice de măsurat 77
apă (H2O) 112, 113
argint (Ag) 112, 114
argon (Ar) 114
armătură (magneți) 71 (autodemagnetizarea)
armonici superioare 43 (moduri de vibrație)
arsen (As) 112, 114
astatin (At) 114
atingere divizată (magneți) 71
atingere simplă (magneți) 71
atom(i) 4, 5, 82-87
Rutherford-Bohr 82
structura 82-83
aur (Au) 112, 114
autodemagnetizare 71
autoinducție 79
avalanșă (particulă) 89
avantaj mecanic (A.M.) 20
Avogadro, numărul lui 96 (molul) 113
axa x (grafice) *98*
axa y (grafice) *98*
axa
magnetică 70
principală (reflexie, refracție) *48*, *52*

B
balanță (echipament), intensitate 60 (amper)
balanță de curent 60 (amper)
bandă bimetalică 32
bandă de unde *44* (radiații gamma)
bare de control 94 (reactoare termice) *95*
bariu (Ba) 114
barometru 25
simplu *25*
baterie 68 (I), *69*, 110
baza de timp (comenzile osciloscopului) *81*
bază (tranzistor) 65
bazin cu valuri 36
bătăi 42
bec (simbol pentru) 110
becquerel (BQ) *87*
beriliu (Be) 114
beta
dezintegrare (dezintegrare β) 87
particule (particule β) 86, 87 (dezintegrare beta) 90 (camera de nori)
radiații (radiații β) 86 (I)
biconcavă (lentilă) 53
biconvexă (lentilă) 53
bismut, (Bi) 112, 114
biuretă 101
bobină (electromagnetism) 74
plană 74
primară 79
secundară 79
bomba –A, *vezi* bomba cu fisiune, termonucleară, etc
bomba cu fisiune 93
bomba cu fisiune-fuziune 93 (bomba termonucleară)
bomba cu hidrogen (bomba H), *vezi* bomba cu fuziune
bomba H, *vezi* bomba cu hidrogen (bomba termonucleară)
bombă atomică sau nucleară (bomba A), *vezi* bomba cu fisiune
bombă cu fuziune 93
bombă
atomică/cu fisiune 93
fisiune-fuziune 93 (bomba cu fuziune – termonucleară)
fuziune/hidrogen 93
bor (B) 114
bornă(e) 60 (forța electromotoare), 110
brom (Br) *92*, 114
bronz 112
busolă 72 (liniile câmpului magnetic)
butelia de Leyda 59

C
cadmiu (Cd) 112, 114
calciu (Ca) 114
calibrare 115
calorimetrie 115
Cameră
cu ceață (Wilson) 90
de difuziune *90*
Wilson *90*
cu bule 90
câmp(uri) 104-107
electric 58 (I), 105, 107
de forță 6, 104-107
gravitațional 104, 106
magnetic 72-73, 105, 107
linii de 6 (câmpul de forță), 106, 107
candela (cd) 96
cântar cu arc *22*
cantitatea de electricitate transportată, (elemente galvanice) 69
calorică (C) 31 (potențială) *vezi* capacitatea calorică specifică (c) 31, 112 (volum) 101
capacitate (C) 97
capacitate calorică (C) 31
specifică (c) 31, 112
capacitate calorică specifică (c) 112
carbon (C) *82*, *83*, 88 (radiația de fond), 91 (datarea radiocarbonului)
cationi 66, 88 (ionizarea)
catod 66 (electrodul)
cădere liberă 19
căldura
de fuziune latentă specifică 31, 112
de vaporizare latentă specifică 31
transfer 28-31
căldură latentă (L) 30, *31*
specifică (I) 30, 31, 112
specifică de vaporizare 31

de topire 31
căldură latentă specifică (l) 30
cărbune *9*
Celsius, scala 27
centrală electrică 61
centrale electrice nucleare 94 (l)
centru optic (O) *52*
centrul
curburii (C) *48*, *52*
de gravitație 10 (centrul de greutate)
de greutate 10
cerc de înclinație 73 (înclinația)
ceriu (Ce) 114
cesiu (Cs) 114
ciclotron 86 (radioizotopul)
ciclu (mișcarea) 16
cifre caracteristice 103
cilindru de măsurare 101
ciocnire 13
circuit(e) 60 (l)
integrat 111 (porți logice)
primar *78*
secundar *78*
(simboluri) 111
clopot electric 75 (soneria electrică)
clor (Cl) 114
cobalt (Co) 112, 114
coeficient 115
al frecării dinamice 7 (coeficientul de frecare)
de frecare (μ) 7
al frecării statice 7 (coeficientul de frecare)
coeziune 23
colector *76*
combustibil fosilizat 9
componente, 108 (descompunerea)
compus 4
ionic *4*
compresiune 7
comprimării (unde) 35
computere 111
condensare 30
condensator 59 (condensatorul de hârtie)
condensator 59, 110
electrolitic 59, 110
de hârtie 59
variabil 59, 110
conducție termică 28
conductivitate termică 28, 112
conductibilitate (electricitate) 56 (conductorul)
conductivitate (electricitate) 63
termică (calorică) 28, 112
conductor(i) (electricitate) 56
trăsnet 57 (trăsnetul)
termic (caloric) 28 (conducția)
conductori (simboluri pentru) 110
conservare
energia de, legea 8 (l)
a impulsului, legea 13
constanta 113, 115
dielectrică 59
gazului 113
gravitațională (G) 18, (legea gravitațională a lui Newton) 113
lui Faraday 113
lui Planck *84*
contact
forță de 7
apăsare normală 7 (coeficient de frecare)
contor de scintilații 90
contor Geiger 89
convecție 28
corp negru 29 (cubul lui Leslie)
cosinus 115
Coulomb (C) 60, 97
CPU, vezi procesor
cristal de scintilații 90 (detectorul cu scintilații)
cristal scintilator
scintilație 90 (detector cu scintilații)
CRO, vezi osciloscopul de radiații catodice
crom (Cr) 114
cromatism, vezi aberație cromatică
cuantă 84 (teoria cuantică)
cubul lui Leslie 29
culori primare 55
culori secundare *55*
culori 54-55
complementare *55*
primare 55
secundare *55*
cuplu (forțe) 14
cupru (Cu) 66, 67, 112, 114
voltametrul de 67 (voltametrul)
cuptoare cu microunde 45 (microundele)
curbă de răcire *31*
curbe de viteză *23*
curbură
centrul (C) *48*, *52*
raza (r) *48*
curent (electric) (l) 56 (l), 60-64, 96 (amper)
alternativ (c.a.) 61, 110
continuu (c.c.) 61
turbionar 79
de convecție 28 (convecția)
electric (l) 56 (l), 60-64, 96 (amper)
curie (unitate) *87*

D
datarea radiocarbonului 91
decibeli (dB) 42 (intensitatea auditivă)
declinația magnetică, vezi înclinația
declinația 73
deformare
elastică *23*
plastică 23 (punctul de rupere)
degajare de hidrogen 68
demagnetizare 71

densimetru 24
densitate (ρ) 24-25, 97, 112, 113
a fluxului magnetic 72
optică 50 (legea lui Snell)
relativă 24
superficială de sarcină 57
deplasare 10, *34*
deplasarea undei, vezi undele progresive
descărcare 66 (teoria ionică a electrolizei)
deschidere
(aparat de fotografiat) *54*
(diafragma)
(lentilă) *52*
(oglindă) *48*
deschiderile lui Young 38
descompunere 108
deuteriu (D) *93*, 94 (reactorul cu fuziune)
deviație completă de scală 77 (ampermetru)
deviație completă 77 (ampermetru)
dezintegrare în lanț, *vezi* serii de dezintegrare
dezintegrare 87 (dezintegrarea radioactivă)
dezintegrarea radioactivă 87
alfa (dezintegrare α) 87
beta (dezintegrare β) 87
diafragmă (aparat de fotografiat) *54*
diamagnetism 72
dielectric 59 (condensator)
diferență de fază 38 (faza)
diferență de potențial 58, 106-107
difracție 37
difuziune 5
legea lui Graham 5
difuzor 110
dilatare anormală 32
dilatare în volum absolută, *vezi* dilatare în volum reală
dilatare cubică (γ) 32
absolută, vezi dilatare în volum reală
aparentă 33
reală 33
dilatare de suprafață vezi dilatarea superficială
dilatare de suprafață (β) 32
dilatare în volum aparentă 32
dilatare liniară (α) 32, 112
dinam, vezi generator
dinamică 12-13
diodă 65, 110
emițătoare de lumină (LED) 65, 110
dioptrii 53 (puterea optică)
dipoli 71 (teoria domeniului de magnetizare)
direct proporțional, vezi proporțional
disc pentru transfer de sarcini 57
dispersie 54 (culoarea)
disprosiu (Dy) 114
distanța focală (f) *48*, *52*
lungimea (măsurarea lungimii) 100
divizor de tensiune 63
domenii 71 (teoria domeniului de magnetizare)
dopaj 65
doză (radiație) 89 (dozimetrul)
dozimetru 89

E

E.C., *vezi* energia cinetică
E.L, *vezi* energia de legătură
E.P., *vezi* energia potențială
echilibru 15
dinamic 15 (echilibrul)
liniar 15
indiferent 15
de rotație 15
stabil 15
static 15 (echilibrul)
termic 28 (l)
instabil 15
echipotențial 58
echivalent electrochimic 67 (legea electrolizei – Faraday)
eclipsă 46
de lună 46 (eclipsa)
parțială *46*
de soare 46 (eclipsa)
totală *46*
ecolocație 41 (ecoul)
ecou 41
ecranare, *vezi* protejare
ecuator magnetic *73*
ecuația gazelor (generale/ideale) 33
ecuația gazului ideal 33
ecuație
de stare, *vezi* ecuația gazului ideal
mișcării de accelerație uniformă 11
ecuație(ii) 98
generală a gazelor/gazului ideal 33
a reacției nucleare *92*, *93*
de simboluri 98
de cuvinte 98
efect de seră 29
efect Doppler 41
efort 20 (l)
elastic 22 (elasticitate)
elastic 23 (punctul de rupere), 115
elasticitate 115 (elastic)
elasticitate 22
electricitate 56-69, 74-79
statică 56-57
electrod 66
activ 66 (electrodul)
negativ 66 (electrodul)
electrofor 57
electrolit
slab 66
topit 66
puternic *66*
electroliză 66-67
legile lui Faraday (prima, a doua) 67
teoria ionică a 66
electromagnetism 74-76

electromagnet 75-76
electrometalurgie 67
electron volt (eV) 84
electron(i) 80-81, 83, 86 (particule beta), 87 (dezintegrarea beta), 88-90, 113
electroscop 56
cu condensator 56 (electroscopul)
cu foiță de aur 56 (electroscopul)
cu impulsuri (Wulf) 89
element alcalin 69
element de acumulare, *vezi* element secundar
element galvanic (pilă electrică) 68-69
alcalin 69
„uscat" 69
Leclanché 69
nichel-cadmiu 69 (element galvanic alcalin)
primar 69
secundar 69
standard 69
acumulator, *vezi* element galvanic secundar
voltaic, *vezi* element galvanic sau pilă voltaică
element voltaic, vezi pila voltaică 68
element(e) 4, 114
emisie termoelectronică 80 (tun electronic)
emitor 65 (tranzistorul)
endoscop *51*
energie (E) 8-9, 97
atomică 84-85
de legătură (E.L.) 84
chimică 8, *9*
potențială elastică 8
electrică 9
electromagnetică 9 (energia electrică şi magnetică)
potențială electromagnetică 8
potențială gravitațională 8
calorică 9, 28-32
internă 9
cinetică (E.C.), 9
legea conservării a 8 (I)
magnetică 9
mecanică 9
potențială moleculară 8
potențială nucleară 8
potențială (E.P.) 8, 106-107
calorică radiantă 29 (radiația)
cinetică de rotație 9 (energia cinetică)
cinetică de translație 9 (energia cinetică)
cinetică de vibrație 9 (energia cinetică)
de întindere, *vezi* energia potențială elastică
termică, *vezi* energia internă
de undă 9
energie potențială (E.P.) 8, 106-107
elastică 8
electromagnetică 8
gravitațională 8
moleculară 8
nucleară 9
energie termică, *vezi* energia internă
erbiu (Er) 114
erori 102-103
de paralaxă 102
de citire 103
zero 102
etichetare 91 (metoda trasorilor radioactivi)
europiu (Eu) 114
evaporare 30

F

f.e.m., vezi forța electromotoare
farad (F) 59, 97
Faraday
constanta lui 113
inelul de fier al lui 78 (inducția mutuală)
legea inducției 78
legea electrolizei (prima, a doua) 67
Farenheit, scala 27
fază (unde) 38
feromagnetic 70
fibre optice *51*
fier (Fe) 112, 114
forjat 112
topit 112
fierbere 30 (vaporizare)
filament 64 (filamentul becului)
film (aparat de fotografiat) 54
film fotografic, vezi dozimetru
fisionabil 92 (fisiunea indusă)
fisiune indusă 92
fisiune nucleară 85, 92-93, 94-95
indusă 92
spontană 92
fluor (F) 114
fluorescență 45
focalizare şi luminozitate (comenzile osciloscopului) *81*
focar principal *48*, *52*
foni 42 (zgomotul)
formă standard (cifrele) 109
formula energiei de masă – Einstein *84*
formula energiei totale – Einstein *84*
formula oglinzii 49
formula, vezi formula oglinzii
forță(e) 6-7, 97, 104-107
centrifugă 17 (centripetă)
centripetă 17
de compresiune 7
de contact 7
dinamică de frecare 7
electrică 6, 105, 107
electromagnetică 6
electromotoare (f.e.m.) 60
electrostatică, *vezi* forța electrică
de frecare 7
gravitațională 6, 104, 106

intermoleculară 7
linii de, *vezi* linii de câmp
magnetică 6, 105, 107
de apărare normală 7 (coeficientul de frecare)
nucleară 7, 84
la alunecare, *vezi* forța de frecare dinamică
de frecare statică 7
de tensiune 7
fosfor (P) 114
fosforescență 44
fotocelulă/celulă fotoelectrică 115
fotomultiplicare 90 (detector cu scintilație)
fotoni 84 (teoria cuantică)
fotorezistență (simbol pentru) 110
fragmente de fisiune, *vezi* produși de fisiune
frânare 16, 35
frânare 19 (viteza finală)
franciu (Fr) 114
frecare statică, coeficient de 7 (coeficientul de frecare)
frecarea, *vezi* forța de frecare coeficientul de 7
frecvență (f) 16, 35, *97*, *113*
de bătaie 42 (bătăile)
fundamentală 43 (moduri de vibrație)
fronturi de unde 34
circulare *34*
incidente 36 (unda incidentă)
plane *34*
fuziune
nucleară *85*, 93, 94 (reactor cu fuziune)
căldură latentă specifică 31, 112

G

gadoliniu (Gd) 114
galiu (Ga) 112, 114
galvanometru 77, 110
cu bobină mobilă 77 (galvanometrul)
galvanostegie 67
gaz(e) 5, 33
ideal 33
constanta lor *33*, 113
generator 78
de abur *94*, *95*
Van de Graaff 57
germaniu (Ge) 112, 114
gradații 115
gradient
(grafice) *98*
de temperatură 28 (conductivitatea)
de potențial 58 (potențialul)
grafice 98-99
grafit 95 (reactorul termic)
gravitație 18-19
legea lui Newton 18
gravitație, vezi forță gravitațională
accelerație dată de (g) 18, 113
centru de 10 (centrul de greutate)
specifică, vezi densitatea relativă
greutate atomică, vezi masa atomică relativă
greutate 18, 20 (I)
inutilă 20
atomică, *vezi* masa atomică relativă
grila de control (componentele osciloscopului) *81*

H

hafniu (Hf) 114
heliu (He) *93*, 114
hertz (Hz) 16 (frecvența), 97
hidrogen (H) 94 (reactorul cu fuziune) 114
Hoffman, voltametru 67
holmiu (Ho) 114

I

imagine 49
reală 49 (imaginea)
termică 45 (radiația infraroșie)
virtuală 49 (imaginea)
impedanță 64
implanturi, radioactive *91*
imponderabilitate aparentă 19
imponderabilitate reală 19
impuls 12, *97*
impuls, legea conservării impulsului 13
incandescență 45 (lumină vizibilă)
incidență
unghi de (i) *47*, *50*
punct de *47*, *50*
indice
de refracție absolut 37 (indicele de refracție) *50*
de refracție (n) 37, 50 (legea lui Snell) *51* (dispozitiv termometric)
de notare 109
indiu (In) 114
inductanță 64
inducție
electromagnetică 78-79
electrostatică 57
legea lui Faraday 78
mutuală 78
inelastic 23 (punctul de rupere)
inerție 12
infrasunet 40
input (computere) 111
instalație de reproducere *94*
intensificarea câmpului magnetic (motorul electric) 76
intensitatea
câmpului 106-107
luminoasă *96*
undei 35
undelor 38-39
intensitatea câmpului 106-107
electric 107
gravitațional 106
magnetic 72, 107
interferență 38-39
cu caracter constructiv 39

cu caracter destructiv 39
franje de 38 (deschiderile lui Young)
model de 38 (I), *39*
intersecția cu axa x (grafice) *98*
intersecția cu axa y (grafice) *98*
interval
fundamental 26 (punctul fix)
muzical 43 (sunetele muzicale)
invers proporțional 115
inversul 115
invertor (simbol pentru) 110
iod (I) 114
ionizare 88
ionosferă *45*
iradiere 91
iridiu (Ir) 112, 114
izolator(oare)
(electricitate) 56
(căldură) 28
izotop radioactiv, *vezi* radioizotopul
izotop(i) 83
radioactiv *vezi* radioizotopul

Î
înclinație 73
întrerupător 64, 110
dipolar *64*
de comutare *64*
rotativ *64*
înveliș exterior 83 (învelișul electronic)
înveliș K 83 (învelișul electronic)
înveliș M 83 (învelișuri electronice)
înveliș electronic 83
exterior 83 (învelișul electronic)
înveliș L 83 (învelișul electronic)
înveliș N 83 (învelișul electronic)
înveliș O 83 (învelișul electronic)
înveliș P 83 (învelișul electronic)
înveliș Q 83 (învelișul electronic)
învelișuri electronice 83

J
joule (J) 8 (I), 97

K
kelvini (K) 27 (scala temperaturii absolute), 96
kilogram (kg) 96
kripton (Kr) 114

L
lantan (La) *93*, 114
lanțuri de dezintegrare 87 (dezintegrarea radioactivă)
LED, *vezi* dioda emițătoare de lumină
lege(i)
Arhimede 25
Boyle 33
Faraday, (electroliză) 67
Faraday (inducție) 78
a gazelor 33
Graham 5
Hooke 22
Kirchhoff 63
Lenz 78
Newton 12-13, 18
Ohm 62
presiunii 33
Snell 50
legea(ile)
conservării energiei 8 (I)
conservării impulsului 13
difuziunii a lui Graham 5
electrostaticii, prima 56
gravitațională a lui Newton 18
inducției a lui Faraday 78
magnetismului, prima 70 (Pol)
volumelor 33
electrolizei, a lui Faraday 67
reflexiei luminii 47
refracției luminii 50
lentilă(e) 52 (I)
acromatică *54*, 55 (aberația cromatică)
concavă *52*, 53
convergentă 52
convexă *52*, 53
divergentă 53
oculară *54*, *55*
a obiectivului *54*, *55*
de proiecție *55*
lentila obiectivului,
(microscopul) *54*
(telescopul) *55*
limita de proporționalitate 22 (legea lui Hooke) 23
limita vezi limita de proporționalitate
elasticității 22
forță 7
limita 22 (legea lui Hooke)
elasticității *23*
de rupere 22 (punct de rupere)
linie izogonală 73
linii de câmp electric 107
linii de câmp gravitațional 106
linii de câmp magnetic (linii de flux) 72, 107
linii de flux, *vezi* linii de câmp
linii de flux/forță, *vezi* liniile de câmp
linii nodale *38*, 39 (nodurile)
litiu (li) 114
litru (l) 101
lucru mecanic 8 (I), 97
lumină 46-55
legile reflexiei 47
legile refracției 50
principiul reversibilității 49, *50*
reflexia 47-49
viteza 113
vizibilă 45, 54-55 (culoarea), *113*
lungimea de undă *34*, *113*

lupă, *vezi* **microscopul simplu**
lutețiu (Lu) 114

M
macara electromagnetică 75
magnet(i) 70-79
macara 75
molecular *vezi* **dipoli**
permanent 70 (puternic)
temporar 70 (slab)
magnetic 70 (I)
magnetism 70-79
teoria domeniului 71
prima lege a 70 (pol)
indus 71 (magnetizarea)
magnetizare 71
magnetizație reziduală 70 (slab)
magnetron *45*
magneți moleculari vezi **dipoli**
magneți permanenți 70 (puternici)
magneți temporari 70 (slabi)
magneziu (Mg) 112, 114
maleabil 115
maleabilitate 115 (maleabil)
mangan (Mn) 114
manometru 25
masa atomică relativă 83, 114
masă (m) 18 **(greutate)**, 96, 113
atomică, *vezi* **masa atomică relativă**
centru de 10
critică 93
atomică relativă 83, 114
subcritică 93 (masa critică)
defect de 84
mașini simple 20-21
perfecte (ideale) 20
maxime (ventre) (unde) **34**
mărime 97
(măsurarea) 101
suprafață (măsurarea) **101**
mărime 96-97, 113
de bază 96
derivată 97
fizică 96 (I), 98-99
vectorială 108
scalară 108
mărire
unghiulară 55 (unghiul vizual)
liniară 49
măsurători 100-101
medie 115
mediu(ii) 115
megaelectronvolt (MeV) 84
megafon 76, 110 (simbol pentru)
memorie (computere) **111**
menisc 115
concav 53 (lentilă concavă)
convex 53 (lentilă convexă)
mensură 101
mercur (Hg) 112, 113, **114**
meridian magnetic 73
metoda trasorilor radioactivi 91
metru (m) 96
Newton (Nm) 14 (momentul forței și rotația)
microcip 111 (computere)
microscop 54
compus 54 (microscopul)
simplu 54 (microscopul)
microunde 45, *113*
miez
(electromagneți) **70**
miliampermetru (simbol pentru) **110**
minime (unde) **34**
mișcare 10-11
browniană 5
ecuațiile mișcării de accelerație uniformă 11
liniară 10
legile newtoniene ale 12-13
periodică 16-17
rectilinie, *vezi* **mișcarea liniară**
rotațională 10 **(I), 11**
translațională 10 (I)
circulară uniformă 17
propagarea undelor 34 (I)
moderator 95 (reactorul termic)
modulul lui Young *22*, **112**
moduri de vibrație 43
mol (mol) 96
molecule 4-5
molibden (Mo) 112, 114
momentul forței rezultante 14 (momentul forței)
moment(e)
principiul 15 (echilibru de rotație)
al forței rezultante 14 (momentul forței)
monoizotopic 83 (izotopii)
motor cu reacție 13
motor electric 76
multiplicator de electroni 90
multiplu(i), (unități) **96**

N
NAND (operație logică) 110, **111**
neodimium (Nd) 114
neon (Ne) 114
neptuniu (Np) 114
neutrino 87 (dezintegrarea beta)
neutroni 82, 113
neutroni de fisiune 92 (fisiunea nucleară)
Newton (N) 6, 97
Newton metru (Nm) 14 (momentul)
nichel (Ni) 112, 114
niobiu (Nb) 114
nitrogen (N) 114
nivel energetic (atomi) 83 (învelișuri electronice)
noduri *38*, **39**
NOR (operație logică) 110, **111**
nord magnetic 73
nord/polul îndreptat spre nord nordul 70 (polul)
nori electronici, *vezi* **orbital**
normală *47*, *50*
NOT (operație logică) 110, **111**
notare (cifrele) **109**
indice de 109

scală muzicală 43 (sunetele muzicale)
scală sonică 40 (l)
scanare ultrasonică 40, 41 (ecoul)
scandiu (Sc) 114
scara temperaturii absolute 27
schimbări de stare 30-31
scintilație(i) 44 (fosforescența), 90 (detector cu scintilație)
secundă (s) 96
seleniu (Se) 112, 114
semiconductori 65
semn convențional 11
real este pozitiv *49*
sens direct 65 (dioda)
sens invers 65 (dioda)
sensul câmpului 104-105
serii de transformare, *vezi* serii de dezintegrare
serii radioactive, *vezi* serii de dezintegrare
serii
(componente) 64
de dezintegrare/radioactivă/de transformare 87 (dezintegrarea radioactivă)
silicon (Si) 112, 114
simbol(uri)
(mărimi și unități) 96-97, 99, 110, 113
(elemente) 114
simetria, 47 (oglindă plană)
sinterizat 70 (feromagnetismul)
sinus 115
sinusoidală (formă de undă) *61*
sistem 115
de deflexiune (osciloscop) ***81***
de scripeți 20, 21
sistem de deflexie (osciloscop) *81*
sistem de scripeți *20*, 21
sodiu (Na) *82*, 114
solenoid 74
solidificare 30
sonar 41 (ecou)
soneria electrică 75
sonometru *43*
spectrometru 54 (culoarea)
spectru electromagnetic *44*, 113
spectrul luminii vizibile 54
stabilitate 84 (l)
staniu (Sn) 112, 114
stare
gazoasă 5
energetică 84 (l)
lichidă 5
solidă 5
stare(stări), fizică 4-5, 30-31
schimbări de 30
ecuația de stare, *vezi* ecuația gazului ideal
stări fizice 4(l), 5, 30-31
stările materiei, *vezi* stările fizice
stronțiu (Sr) 114
structură atomică 82-83
sublimare 30
substanță de contrast 91 (metoda trasorilor radioactivi)
sud magnetic 73
sulf (S) 114
sunet(e) 40-43
muzical 43
viteza 40
suport (electromagneți) 74 (bobina)
suprafață caustică *49* (aberația de sfericitate)
supraîncălzit (lichid) 90 (camera cu bule)
suprapunere 38 (principiul suprapunerii)
suprasaturat, (vapor) 90 (camera de nori)
susceptibilitate 70

Ş
şubler micrometric 101
şubler vernier 100
şunt 77 (ampermetrul)
şurub 21

T
taliu (Tl) 114
tangentă 115
tantal (Ta) 112, 114
tecnețiu (Tc) 114
telescop 55
televizor 81
telur (Te) 112, 114
temperatură 26-27, 96
critică 5 (vaporul)
tensiune 7
de rupere *23*
teoria domeniului de magnetizare 71
teoria ionică a electrolizei 66
teorie cinetică 5
teorie cuantică 84
terbiu (Tb)
termistor 27, 65, 110
termocuplu 27
termometru 27
cu cristale lichide 26
cu rezistență 27
digital 27
medical *26*
cu temperaturi
maxime 27
minime 27
termos 29
termostat *32*
timbru 43 (modurile de vibrație)
timp (t) 96
timp de înjumătățire (T1) 87
tip-n (semiconductor) 65 (dopajul)
tip-p (semiconductor) 65 (dopajul)
titan (Ti) 114
tonuri 43
topire 30
tor (Th) *87*, 114
transformare (energie) 8 (l), *9* (atomică/nucleară) ***85***
transformator
coborâtor de tensiune 79
ridicător de tensiune 79

translație, *vezi* mișcarea de translație
transmutație, *vezi* transformarea (atomică/nucleară)
tranzistor 65 (tranzistorul)
amplificator de tensiune (simbol pentru) 110
npn *65*, 110
pnp *65*, 110
de acumulare (simbol pentru) 110
tranziție (atomică/nucleară) *85*
trăsnet 57
trenul maglev 75
tub capilar *23*, *24*, 26
tub cu cruce malteză 80
tub de descărcare 80
tub de electroni 80 (I)
tub de radiații X 80
tub fluorescent 80 (tubul de descărcare)
tub Geiger-Müller 89, (contorul Geiger)
tuliu ™ 114
tun electronic 80
tungsten (W) 112, 114
turbină *9*, *61*, *94*, 115

U
ultrasunet 40
umbră 46
undă(e) 34-35
acustică, *vezi* undele sonore
coerentă 38 (I)
de șoc *40*, 40
incidentă 36
reflectată 36 (reflexia)
refractată 37 (refracția)
staționară 43
electromagnetică 34 (I), 44-45
ultrasonică 40 (ultrasunetul)
longitudinale 35
mecanice 34 (I)
progresive 34 (I)
radio 44 (I), 45, *113*
sonore 40-43
transversale 34
de deplasare, *vezi* unde progresive
unghi
critic (c) 51
de deviație *51*
de incidență (i), *47*, *50*
de reflexie (r) *47*
de refracție, (r) *50*
unități de masă atomică (u) 83 (masa atomică relativă)
unități de masă atomice, standard (u) 83 (masa atomică relativă)
unități derivate SI 97
unități SI fundamentale 96
unități SI 96-97
fundamentale 96
derivate 97
unități
ale sistemului internațional/ SI (derivate fundamentale) 96-97
de masă atomică standard (u) 83 (masa atomică relativă)
uraniu (U) 92 (fisiunea indusă), 94 (reactorul cu fisiune), 95 (reactorul termic, reactorul omogen), 114

V
vanadiu (V) 114
vapor 5
vaporizarea 30
căldura latentă specifică a 31
variabilă(e) 115
dependentă *98*
independentă *98*
pahar Eureka 24
vectorul viteză 10
velocitate uniformă 10 (velocitatea)
vid parțial 115 (vidul)
vid toricellian *25*
vid 115
viscozitate 23
viteza 10, 97
medie 10 (viteza)
instantanee 10 (viteza)
undei 35
luminii 113
sunetului 40
unghiulară *17*
„scăpare" de 19
relativă 11
finală 19
uniformă 10 (viteza)
subsonică 40
supersonică 40
volt(volți) 58 (diferența de potențial), 97
electron (eV) 84
megaelectron (MeV) 84
voltaj, *vezi* diferența de potențial
voltametru 67
de cupru 67 (voltametrul)
Hoffmann 67
voltampermetru 77
voltmetru 77, 110
volum de dilatare, *vezi* dilatare volumică
volum(e) (V) 33, 97, 101, 115
legile 33

W
Watt (W) 9 (tensiunea), 97

X
xenon (Xe) 114

Y
yterbiu (Yb) 114
ytriu (Y) 114

Z
zero absolut 27 (scara temperaturii absolute)
zgomot 42
zinc (Zn) 112, 114
zirconiu (Zr) 114
zona activă a reactorului 94 (reactorul nuclear)

MULȚUMIRI

Coperta: Stephen Wright şi Zöe Wray
Design suplimentar de Chris Scollen, Stephen Wright şi Roger Berry

Alte ilustrații de:

Simone Abel, Andrew Beckett, Joyce Bee, Stephen Bennett, Roland Berry, Gary Bines, Kuo Kang Chen, Blue Chip Illustration, Isabel Bowring, Derek Brazell, John, Brettoner, Peter Bull, Hilary Burn, Andy Burton, Sydney Cornford, Dan Courtney, Peter Dennis, Richard Draper, Brian Edwards, Malcolm English, Caroline Ewen, John Francis, Mark Franklin, Nigel Frey, Peter Froste, Peter Geissler, Nick Gibbard, William Giles, Mick Gillah, David Goldston, Peter Goodwin, Jeremy Gower, Terri Gower, Phil Green, Terry Hadler, Christine Howes, Ian Jackson, Elaine Keenan, Aziz Khan, Steven Kirk, Richard Lewington (The Garden Studio), Jason Lewis, Steve Lings (Linden Artists), Rachel Lockwood, Kevin Lyles, Chris Lyon, Kevin Maddison, Janos Marffy, Andy Martin, Rob McCaig, Joseph McEwan, David McGrail, Malcolm McGragor, Dee McLean (Linden Artists), Annabel Milne, Robert Morton (Linden Artists), Louise Nevett, Martin Newton, Louise Nixon, Steve Page, Justine Peek, Russel Punter, Kim Raymond, Barry Raynor, Michael Roffe, Michelle Ross, Mike Saunders (Tudor Art), John Scorey, John Shackell, Chris Shields (Wilcock Riley), Guy Smith, Peter Stebbing, Paul Sullivan, Stuart Trotter, Robert Walster, Ross Watton, Phil Weare, Wigwam Publishing Services, Sean Wilkinson, Ann Winterbotham, Gerald Wood, David Wright (Jillian Burgess).

Fotografii:

Copertă (în sensul acelor de ceasornic, din stânga sus): Telegraph Colour Library, David Taylor/Science Photo Library, Omikron/Science Photo Library, Henry Dakin/Science Photo Library; David Parker/Science Photo Library.
Scanarea ultrasonoră de la pagina 40 este reprodusă cu permisiunea lui Charlotte Tomlins.
(pagina 45, stânga jos) Alfred Pasieka/Science Photo Library
pagina 45 (dreapta jos), pagina 93 (dreapta jos), pagina 206 (dreapta sus): Digital Vision

S-au făcut toate eforturile pentru identifica şi recunoaşte dreptul de autor. Editorii vor fi bucuroşi să ajungă la înțelegere amiabilă cu orice deținător de copyright care nu a putut fi contactat.

Copyright © Usborne Publishing Ltd, 2000, 1986.
Titlul în original: The Usborne Illustrated Dictionary of Physics

©2002 Editura Aquila '93

Romanian edition and translation
Toate drepturile pentru ediția în limba română
sunt rezervate Editurii Aquila '93.
Nici o parte a acestei lucrări nu poate fi reprodusă în mod electronic, mecanic,
prin fotocopiere sau prin orice alt mod, fără acordul scris, dat în prealabil de Editura Aquila '93.

ISBN 973-8250-24-2

Traducere: *Ondine Fodor*
Consultant ştiințific: *Fidelia-Edita Burian*
Lectori literari: *Sanda Ilieş*
Brigitta Pop
Director editorial: *Cristina Voițiu*

DICȚIONAR ILUSTRAT DE FIZICĂ

Această carte constituie o referință ideală pentru cei care studiază fizica. Claritatea stilului și aspectul atractiv ajută la o înțelegere deplină a tuturor temelor cuprinse în acest obiect de studiu.

- **Definiții clare** ale tuturor termenilor și conceptelor cheie, într-un limbaj simplu.
- **Referințe cuprinzătoare**, care asigură o legătură între anumite domenii de studiu înrudite.
- **Ilustrații viu colorate**, diagrame clare care ajută la interpretarea, clarificarea și explicarea noțiunilor.
- **Indexul detaliat** garantează accesul ușor la fiecare subiect din carte.
- **Ghid de studiu**, esențial pentru candidații la examene.

Alte titluri din această serie:
Dicționar ilustrat de chimie
Dicționar ilustrat de biologie

ISBN 973825024-2
9 789738 250246